

# **Gestão energética do sistema de AVAC de um grande edifício de serviços**

*Carlos Daniel Ferreira Ribeiro*

## **Dissertação do MIEM – Opção de Energia Térmica**

Orientador na empresa: Engenheiro João Santos

Orientador na FEUP: Prof. Armando Oliveira



**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto**

**Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica**

julho 2015



*À minha Mãe*



## Resumo

A constante inflação do preço dos combustíveis fósseis e também da eletricidade, associada à necessidade de preservação ambiental, tem vindo a tornar-se num factor cada vez mais importante para os donos de grandes edifícios de serviços e empresas em geral.

Por causa disso, a eficiência energética de um determinado edifício é um parâmetro com uma relevância crescente ao longo dos últimos anos. Hoje em dia, já não é tão importante adquirir equipamentos cada vez mais eficientes, mas sim também usá-los da maneira mais eficiente possível para que os seus consumos sejam cada vez menores e o respetivo tempo de vida mais longo.

Dito isto, a presente dissertação tem como objetivo o estudo da gestão energética de um grande edifício de serviços, mais especificamente do seu sistema AVAC, pois tendo este vários equipamentos associados, é por si só um sistema complexo. O desafio será então reduzir os consumos energéticos definindo novos serviços, rotinas para determinados equipamentos, horários de arranque e paragem automáticos, alarmes, entre outros. Posteriormente, aplicam-se os conhecimentos adquiridos à situação real de um centro comercial em concreto, onde serão feitas auditorias e estudos dos consumos, para que com a informação relativa à situação atual do sistema AVAC, seja possível melhorar a eficiência energética do mesmo.

Depois de uma análise cuidada do sistema atual, verificou-se que havia muito poucos serviços definidos e que o controlo não era executado de maneira automática, mas sim manual. Por isso mesmo, aplicou-se toda a metodologia referida no dito centro comercial de forma a também automatizar o sistema. Por fim, é necessária uma monitorização constante de forma a verificar o sucesso das ações tomadas, ou então, para a reversão das mesmas em caso de insucesso.



## **Energy Management of the HVAC System in a large services building**

### **Abstract**

The constant inflation on fossil fuels and electricity price, associated to the need of environmental protection, became an important factor for the owners of large buildings and companies in general.

Because of that, energy efficiency in a certain building is a parameter with a growing relevance in the last few years. Nowadays, it is not so important to acquire the most efficient equipment, but also use them in the most efficient way possible in order to decrease consumptions and provide a larger equipment lifetime.

Hereupon, this current thesis has as objective the study of the energy management in a large services building, specifically of the HVAC system, once it has several equipment associated, and is a complex system by itself. The challenge will be to reduce energy consumption by defining new services, routines for some equipment, automatic start and stop schedules, alarms, among others. After that, the acquired knowledge is applied to a specific shopping centre where some audits will be made over this work, and the study of consumptions, to know the current state of the HVAC system, in order to improve its energy efficiency.

After analyzing the current state, it was found that the services defined are not enough and the control is not in an automatic way, but manual. Therefore, all the methodology referred before was applied to the actual shopping centre in order to the system becomes automatized. At last, it is necessary to do a constant monitoring to verify the success of the actions taken, or the reversal of them in case of failure.





## Agradecimentos

Em primeiro lugar, quero fazer um grande agradecimento ao Engenheiro João Santos por todo o acompanhamento, ajuda e paciência disponibilizados no decorrer de todo o desenvolvimento da presente dissertação. Agradeço também ao Engenheiro Ricardo Sá e a todos os restantes colaboradores da Edifícios Saudáveis que se mostraram sempre disponíveis para me tirar dúvidas sempre que precisei.

Ao Professor Armando Oliveira por me ter dado o tema e a oportunidade de fazer a tese em ambiente empresarial.

À minha família por todo o apoio que me deu e por acreditar em mim, em especial à minha tia Paula e à minha irmã Sandra por me ajudarem em tudo.

Um obrigado a todos os meus colegas, Diogo, Ana, Sandra, Inês e Luís, que estiveram comigo na mesma empresa, nesta importante etapa.

Agradeço também a todos os meus amigos da FEUP e aos amigos de longa data por se mostrarem preocupados comigo e me ajudarem quando necessário, à maneira deles.

Por fim, mas não menos importante, um obrigado muito especial à minha namorada Mariana pelo apoio incondicional e constante ao longo de toda a dissertação, por ter sempre uma palavra especial para mim e por me levantar a moral sempre que foi necessário.



## Índice de Conteúdos

1 – Introdução .....	1
1.1 – Enquadramento do projeto.....	1
1.2 – Apresentação da empresa .....	3
1.3 – Objetivos.....	6
1.4 – Método seguido no projeto .....	6
1.5 – Estrutura da dissertação .....	9
2 – Gestão de energia.....	11
2.1 – O que é a gestão.....	11
2.2 – O que é a gestão de energia .....	11
2.2.1 – Gestão de energia em edifícios .....	12
2.3 – Eficiência energética.....	12
2.4 – Gestão técnica centralizada (GTC) .....	14
3 – Sistemas AVAC.....	17
3.1 – Ciclos inseridos nos AVAC's.....	17
3.2 – Equipamentos dos sistemas AVAC.....	22
3.2.1 – <i>Chillers</i> .....	22
3.2.2 – Bombas .....	26
3.2.3 – Torre de arrefecimento .....	27
3.2.4 – UTA's .....	28
3.2.5 – Bancos de Gelo .....	30
3.2.6 – Ventiloinvectores .....	31
4 – Metodologia.....	33
4.1 – Serviços .....	33
4.2 – Controlo .....	34
4.3 – <i>Management &amp; Verification</i> .....	34
4.4 – Equipa de gestão de energia .....	34
4.5 – Otimização da situação actual .....	37
5 – Caso de estudo – <i>Shopping</i> .....	39
5.1 – Caracterização do edifício .....	39
5.2 – Equipamento instalado .....	42
5.3 – Serviços .....	42
5.4 – Controlo .....	51
5.4.1 – <i>Chillers</i> .....	51
5.4.2 – Bombas primárias .....	57

5.4.3 – Bombas de condensação .....	58
5.4.4 – Torres de arrefecimento.....	59
5.4.5 – Bombas secundárias .....	61
5.4.6 – Unidades de Tratamento de ar .....	62
5.5 – <i>Management &amp; Verification</i> .....	65
5.6 – Outros trabalhos feitos na empresa.....	66
6 – Conclusões.....	71
Referências bibliográficas .....	73
Anexos.....	75
Anexo A – <i>Checklist</i> da LEED.....	77
Anexo B – Exemplo de uma empresa fictícia avaliada pela BREEAM.....	79
Anexo C – Expansões feitas no edifício do caso prático.....	81
Anexo D – Zonamento do <i>shopping</i> do caso prático.....	83
Anexo E – Áreas de influência das UTA's/UTAN's .....	85
Anexo F – Esquemas de princípio das centrais térmicas.....	91
Anexo G – Equipamentos do sistema AVAC do <i>shopping</i> .....	93
Anexo H – Tarifários e horários ao fim de semana.....	101
Anexo I – <i>Checklist</i> da auditoria às UTA's/UTAN's.....	103
Anexo J – Diagramas de controlo das UTA's/UTAN's.....	105
Anexo K – Árvore de contadores do <i>BuildONE</i> .....	111

## Lista de figuras

Figura 1 – Triângulo da sustentabilidade. [3].....	1
Figura 2 – Logótipo da empresa Edifícios Saudáveis - Consultores.....	3
Figura 3 – Prémio LEED da Edifícios Saudáveis.....	4
Figura 4 – Níveis da certificação LEED e respetivos pontos requeridos para cada nível. [7] ...	4
Figura 5 – Certificação do nível " <i>Platinum</i> " da Edifícios Saudáveis.....	5
Figura 6 – Diagrama de Gantt da dissertação.....	8
Figura 7 – Exemplo de uma etiqueta energética de uma máquina de lavar. [12].....	13
Figura 8 – Exemplo de uma página inicial da GTC. [16].....	15
Figura 9 – Ciclos inseridos num sistema AVAC. [17].....	18
Figura 10 – Ciclo de ar de um sistema AVAC. (adaptado) [17] .....	19
Figura 11 – Ciclo de ar (amarelo) + ciclo de água gelada (azul). (adaptado) [17].....	20
Figura 12 – Ciclo de ar (amarelo) + ciclo de água gelada (azul) + ciclo de refrigeração (verde). (adaptado) [17] .....	20
Figura 13 – Alternativa sem o ciclo de refrigeração mas com o ciclo de ar (amarelo) e o ciclo de refrigeração (verde). (adaptado) [17].....	21
Figura 14 – 4 ciclos de um sistema AVAC depois da adição do ciclo de rejeição de calor (vermelho). (adaptado) [17].....	21
Figura 15 – Adição do ciclo de controlo aos 4 ciclos referidos anteriormente. (adaptado) [17] .....	22
Figura 16 – Potência dos <i>chillers</i> a água vs <i>chillers</i> a ar. (adaptado) [20].....	23
Figura 17 – Ciclo de compressão a vapor. (adaptado) [21].....	24
Figura 18 – Ciclo de refrigeração por absorção. (adaptado) [20].....	25
Figura 19 – Ciclos de produção e distribuição ligados aos <i>chillers</i> e baterias de arrefecimento. (adaptado) [20] .....	27
Figura 20 – Torre de arrefecimento. (adaptado) [22] .....	28
Figura 21 – Exemplo de uma UTA. [23].....	29
Figura 22 – Roda térmica no interior de uma UTA. [25] .....	30
Figura 23 – Bancos de gelo. [26].....	30
Figura 24 – Exemplo de um ventiloconvetor. [28].....	31
Figura 25 – Hierarquia de uma equipa de gestão de energia genérica. ....	35
Figura 26 – Zonamento do piso 2 do <i>shopping</i> . ....	40
Figura 27 – Zona de influência de duas UTA's no piso 0 do <i>shopping</i> .....	41
Figura 28 – GTC do <i>shopping</i> . ....	42
Figura 29 – Distribuição dos tarifários num dia útil de inverno.....	52
Figura 30 – Distribuição dos tarifários num dia útil de verão. ....	52
Figura 31 – Controlo das UTA's no <i>mall</i> - geral. ....	64

Figura 32 – Controlo das UTAN's nas lojas – geral.....	65
Figura 33 – Página inicial do <i>BuildONE</i> . [33].....	67
Figura 34 – Parte da árvore de contadores do <i>BuildONE</i> . [33] .....	68
Figura 35 – Exemplo de janela de consumos dos <i>chillers</i> da CT1 através do <i>BuildONE</i> . [33].....	69
Figura 36 – <i>Checklist</i> da LEED. [34] .....	77
Figura 37 – Avaliação feita pelo método da BREEAM. [35] .....	79
Figura 38 – Expansão feita no piso 1. ....	81
Figura 39 – Expansão feita no piso 2. ....	81
Figura 40 – Zonamento do piso 0.....	83
Figura 41 – Zonamento do piso 1.....	83
Figura 42 – Zona de influência das UTAN's no piso 0. ....	85
Figura 43 – Zona de influência das UTA's no piso 1. ....	85
Figura 44 – Zona de influência das UTA's no piso 1. ....	86
Figura 45 – Zona de influência das UTAN's no piso 1. ....	86
Figura 46 – Zona de influência das UTAN's no piso 1. ....	87
Figura 47 – Zona de influência das UTAN's no piso 1. ....	87
Figura 48 – Zona de influência das UTA's no piso 2. ....	88
Figura 49 – Zona de influência das UTA's no piso 2. ....	88
Figura 50 – Zona de influência das UTA's no piso 2. ....	89
Figura 51 – Zona de influência das UTA's no piso 2. ....	89
Figura 52 – Zona de influência das UTA's no piso 2. ....	90
Figura 53 – Zona de influência das UTAN's no piso 2. ....	90
Figura 54 – Esquema de princípio da água na Central Térmica 1.....	91
Figura 55 – Esquema de princípio da água na Central Térmica 2.....	92
Figura 56 – Distribuição dos tarifários num sábado – inverno.....	101
Figura 57 – Distribuição dos tarifários num sábado – verão. ....	101
Figura 58 – Distribuição dos tarifários num domingo – inverno. ....	101
Figura 59 – Distribuição dos tarifários num domingo – verão.....	101
Figura 60 – <i>Checklist</i> da auditoria às UTA's/UTAN's do <i>shopping</i> .....	103
Figura 61 – Controlo das UTA's – Modo Temperatura.....	105
Figura 62 – Controlo das UTA's – MODO QAI. ....	105
Figura 63 – Controlo das UTA's – Modo <i>Flush-Out</i> .....	106
Figura 64 – Controlo das UTAN's – Modo QAI - Lojas críticas. ....	107
Figura 65 – Controlo das UTAN's – Modo QAI - Lojas.....	108
Figura 66 – Controlo das UTAN's – Modo Energia.....	108
Figura 67 – Controlo das UTAN's – Modo <i>Flush-Out</i> .....	109

Figura 68 – Árvore de contadores do <i>BuildONE</i> (parte 1). [33] .....	111
Figura 69 – Árvore de contadores do <i>BuildONE</i> (parte 2). [33] .....	112
Figura 70 – Árvore de contadores do <i>BuildONE</i> (parte 3). [33] .....	113
Figura 71 – Árvore de contadores do <i>BuildONE</i> (parte 4). [33] .....	114
Figura 72 – Árvore de contadores do <i>BuildONE</i> (parte 5). [33] .....	115
Figura 73 – Árvore de contadores do <i>BuildONE</i> (parte 6). [33] .....	116





## Lista de tabelas

Tabela 1 – Classificações BREEAM. [8] .....	5
Tabela 2 – Fases da dissertação, data de início das mesmas e respetiva duração. ....	7
Tabela 3 – <i>Chillers</i> de água vs <i>Chillers</i> a ar.....	23
Tabela 4 – Áreas do <i>mall</i> e do <i>food-court</i> do <i>shopping</i> . ....	40
Tabela 5 – Cenários dos serviços a nível do ar.....	43
Tabela 6 – Cenários dos serviços no caso da água. ....	43
Tabela 7 – Conceito de controlo no caso do ar.....	44
Tabela 8 – Conceito de controlo no caso da água. ....	45
Tabela 9 – Eventos do ar. ....	46
Tabela 10 – Eventos da água. ....	47
Tabela 11 – KPI's do ar. ....	48
Tabela 12 – KPI's do ar (continuação). ....	49
Tabela 13 – KPI's da água. ....	50
Tabela 14 – KPI's da água (continuação). ....	51
Tabela 15 – Preços da eletricidade dos diferentes tarifários, segundo a ERSE.....	52
Tabela 16 – Horário de habilitação dos <i>chillers</i> durante o inverno.....	53
Tabela 17 – Horário de habilitação dos <i>chillers</i> durante o verão. ....	53
Tabela 18 – Rotinas de controlo automático do arranque e paragem.....	54
Tabela 19 – Rotinas de controlo automático do arranque e paragem (continuação).....	55
Tabela 20 – <i>Set-points</i> de produção de água fria.....	56
Tabela 21 – Controlo de pontas.....	56
Tabela 22 – Horário de habilitação de inverno das bombas primárias.....	57
Tabela 23 – Horário de habilitação de verão das bombas primárias. ....	57
Tabela 24 – Horário de habilitação das bombas de condensação no inverno. ....	58
Tabela 25 – Horário de habilitação das bombas de condensação no verão.....	59
Tabela 26 – Horário de habilitação das torres de arrefecimento no inverno. ....	60
Tabela 27 – Horário de habilitação das torres de arrefecimento no verão. ....	60
Tabela 28 – <i>Set-points</i> das torres de arrefecimento. ....	61
Tabela 29 – Horário de habilitação das bombas secundárias no inverno. ....	61
Tabela 30 – Horário de habilitação das bombas secundárias no verão. ....	61
Tabela 31 – Critérios de funcionamento das bombas secundárias. ....	62
Tabela 32 – Horário de habilitação das unidades de tratamento do ar, no inverno.....	63
Tabela 33 – Horário de habilitação das unidades de tratamento do ar, no verão. ....	63
Tabela 34 – M&V do <i>shopping</i> . ....	66

Tabela 35 – Informações das torres de arrefecimento do <i>shopping</i> . ....	93
Tabela 36 – Informações dos <i>chillers</i> do <i>shopping</i> . ....	93
Tabela 37 – Informações dos bancos de gelo do <i>shopping</i> . ....	94
Tabela 38 – Informações das bombas de condensação do <i>shopping</i> . ....	94
Tabela 39 – Informações das bombas primárias da CT1 do <i>shopping</i> . ....	95
Tabela 40 – Informações das bombas primárias da CT2 do <i>shopping</i> . ....	96
Tabela 41 – Informações das bombas secundárias da CT2 do <i>shopping</i> . ....	96
Tabela 42 – Informações das bombas secundárias da CT1 do <i>shopping</i> . ....	97
Tabela 43 – Informações das Unidades de Tratamento de Ar do <i>shopping</i> . ....	98
Tabela 44 – Informações das Unidades de Tratamento de Ar Novo do <i>shopping</i> . ....	99

## Abreviaturas e Acrónimos

ADENE	Agência para a Energia
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
BREEAM	<i>Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology</i>
COP	Coeficiente de performance
CT1	Central Térmica 1
CT2	Central Térmica 2
DGEG	Direção Geral da Energia e Geologia
DP	Diferença de Pressão
EDP	Energias de Portugal
EER	<i>Energy Efficiency Ratio</i>
ERSE	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
ESEER	<i>European Seasonal Energy Efficiency Ratio</i>
GTC	Gestão Técnica Centralizada
HVAC	<i>Heating, Ventilating and Air Conditioning</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
M&V	<i>Management &amp; Verification</i>
QAI	Qualidade do Ar Interior
UTA	Unidade de Tratamento de Ar
UTAN	Unidade de Tratamento de Ar Novo
VAF	Válvula de Água Fria
VC	Ventiloconvector
VE	Ventilador de Extração
VFD	<i>Variable Frequency Drive</i>
VI	Ventilador de Insuflação
VSD	<i>Variable Speed Drive</i>



## 1 - Introdução

A eficiência energética tem cada vez mais relevância na atualidade, pois os gastos energéticos têm um peso cada vez maior na conta de eletricidade das empresas, para além de que os edifícios destas empresas são responsáveis por uma parcela bastante significativa da energia consumida num dado país. [1] Devido a estes factores, é pertinente fazer uma gestão energética eficiente com vista a reduzir os custos de origem energética. Diga-se que a eficiência energética pode ser definida como a otimização que se pode fazer no consumo de energia. [2]

Aprender a utilizar a energia de forma responsável é uma das medidas que pode garantir um futuro melhor para as gerações vindouras, quer a nível de poluição, quer a nível da existência de fontes de energia – tanto de energias renováveis, como de combustíveis fósseis.

### 1.1 - Enquadramento do projeto

Hoje em dia, as empresas preocupam-se cada vez mais com a energia que se gasta, pois esta tem um peso cada vez maior nos custos envolvidos numa referida empresa. Devido a esse fator, é indispensável otimizar a gestão de energia de modo a que a dita empresa consiga ser economicamente competitiva, ambientalmente mais racional e também mais equilibrada a nível social. Olhando para o “triângulo da sustentabilidade” apresentado na Figura 1, pode-se reparar que os seus três vértices são o ambiente, a economia e a sociabilidade.

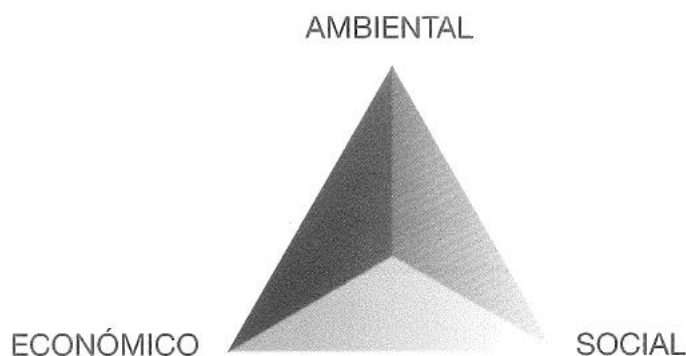


Figura 1 – Triângulo da sustentabilidade. [3]

Desenvolvendo os três vértices da Figura 1, tem-se:

- Ambiental – o uso de energia é uma grande fonte de “stress” ambiental;
- Económico – a energia é um fator chave para o crescimento macro-económico de uma determinada empresa;
- Social – a energia é o pré-requisito principal para as necessidades humanas básicas.

A sustentabilidade baseia-se num princípio simples: tudo o que é preciso para a sobrevivência e bem-estar da sociedade depende, direta ou indiretamente, do ambiente que nos rodeia. A sustentabilidade cria e também mantém as condições necessárias para que os seres humanos e a Natureza possam coexistir em harmonia produtiva, o que permite que estes consigam cumprir os requisitos económicos e sociais, entre outros, para as gerações presentes e futuras. [4] A sustentabilidade é importante para garantir a existência de água, matérias-primas e recursos que protejam a saúde humana e o meio ambiente.

Outro conceito a abordar no decorrer da presente dissertação é a eficiência energética que, pode ser definida como a redução do consumo de energia mantendo os mesmos serviços ou até proporcionando serviços melhorados. Esta noção encontra-se diretamente relacionada com a utilização racional de energia. De seguida são inumeradas algumas estratégias que permitem a dita racionalização de energia:

- Conhecer as opções disponíveis para intervir;
- Conhecer os principais consumidores de energia;
- Explorar as soluções existentes no mercado;
- Garantir uma correta implementação de equipamentos consumidores de energia;
- Efetuar uma correta fiscalização das condições de operação e manutenção.

Com as seguintes estratégias, pode-se reduzir os consumos de energia e, aliado a isso, em alguns casos, consegue-se a:

- Eliminação de consumos supérfluos e/ou desnecessários;
- Recuperação de energia de perdas;
- Adaptação funcional do equipamento existente;
- Utilização preferencial de equipamentos de elevado rendimento. [3]

Daqui se conclui que é de extrema importância que os edifícios tenham consumos baixos e sejam sustentáveis, ou seja, que se apresentem eficientes a um nível energético, para que a continuidade da Humanidade tenha a maior longevidade e a melhor qualidade de vida possível.

## 1.2 - Apresentação da empresa

A presente dissertação foi realizada e orientada em ambiente empresarial, no ramo da gestão de energia, na empresa Edifícios Saudáveis – Consultores, cujo logótipo se mostra na Figura 2.



Figura 2 – Logótipo da empresa Edifícios Saudáveis - Consultores.

Nascida em 1996, a Edifícios Saudáveis é uma empresa que presta serviços em consultadoria especializada na área da sustentabilidade ambiental em edifícios – tais como: hotéis, casinos, centros comerciais, hipermercados, entre outros – com uma focagem forte no que toca à redução de custos energéticos, ou seja, na eficiência energética e também na qualidade do ar interior. Tem como principal missão a contribuição para a diminuição dos impactos ambientais associados à atividade humana, através de uma intervenção inovadora, multidisciplinar, consistente e qualificada no setor de edifícios.

A Edifícios Saudáveis já trabalhou com algumas empresas de renome, tais como a Sonae, a EDP, a Agência de Energia do Porto e até com a Lisboa E-nova. A empresa encontra-se envolvida em projetos tanto em solo nacional como a nível internacional.

Graças a esta empresa, inúmeros edifícios obtiveram as certificações LEED e BREEAM. Por outras palavras, a Edifícios Saudáveis foi responsável pelas certificações de construções sustentáveis concedidas pelas organizações com o mesmo nome que dão mérito ambiental com maior reconhecimento internacional, nomeadamente as certificações LEED e BREEAM. [5]

A primeira certificação obtida graças à Edifícios Saudáveis, a 1ª em Portugal aconteceu em 2010. Na Figura 3 pode ser vista essa mesma certificação LEED – Leadership in Energy & Environmental Design.



Figura 3 – Prémio LEED da Edifícios Saudáveis.

Relativamente ainda ao certificado LEED, visto que este é dado através de um sistema de pontuações e dividido em vários níveis (*Certified*, *Silver*, *Gold* e *Platinum* – Figura 4) é relevante referir que a Edifícios Saudáveis conseguiu chegar ao nível máximo deste certificado (*platinum*), no ano de 2013, como se pode ver na Figura 5. [6]

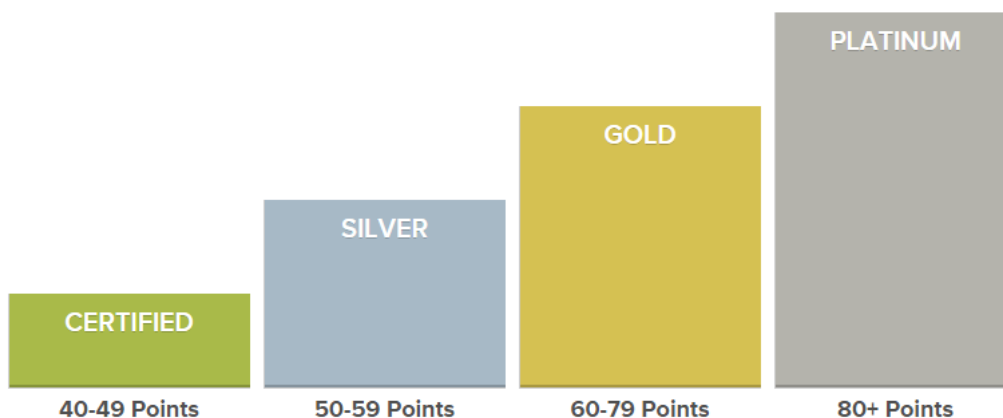


Figura 4 – Níveis da certificação LEED e respetivos pontos requeridos para cada nível. [7]





Figura 5 – Certificação do nível "Platinum" da Edifícios Saudáveis.

A título de curiosidade, encontra-se no Anexo A, uma *checklist* retirada do site oficial da LEED, que ajuda a avaliar um determinado edifício, assinalando se o mesmo cumpre os requisitos lá listados ou não.

Além da certificação LEED, a Edifícios Saudáveis também fez com que certos edifícios fossem reconhecidos pela certificação BREEAM – *Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology*. A principal diferença entre estas duas certificações tem a ver com o facto de a LEED ser de origem norte-americana, e a BREEAM de origem britânica pois ambas reconhecem os edifícios a nível da sustentabilidade.

Tal como a certificação LEED, a BREEAM também considera um sistema de pontuações e diferentes níveis como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 – Classificações BREEAM. [8]

Classificação BREEAM		Pontuação (%)
<i>Outstanding</i>	★★★★★	≥ 85
<i>Excellent</i>	★★★★	≥ 70
<i>Very Good</i>	★★★	≥ 55
<i>Good</i>	★★	≥ 45
<i>Pass</i>	★	≥ 30
<i>Unclassified</i>		< 30

Mais uma vez, a título de curiosidade, pode ser analisado no Anexo B, um exemplo de uma empresa fictícia onde se pode observar melhor a forma de funcionamento do processo de avaliação por parte da BREEAM.

Por fim, é importante realçar que a Edifícios Saudáveis foi a primeira empresa responsável, em Portugal, a obter ambas as certificações LEED e BREEAM.

### **1.3 - Objetivos**

O objetivo da presente dissertação é dar a conhecer a importância da gestão de energia em grandes edifícios de serviços, com foco no sistema de AVAC do mesmo. Pretende-se portanto encontrar soluções de forma a reduzir o consumo energético dos equipamentos deste sistema de maneira a aumentar a sua eficiência energética. Desta forma, este trabalho foca-se essencialmente nos seguintes pontos:

- Aprender as noções básicas de gestão de energia e eficiência energética;
- Aprofundar o conhecimento a nível dos equipamentos que constituem um sistema AVAC;
- Definir serviços e parâmetros de controlo que contribuem para reduzir o consumo energético do sistema acima referido;
- Aplicar essas medidas num caso prático e melhorá-lo de maneira contínua.

### **1.4 - Método seguido no projeto**

Na Tabela 2 podem ser vistas as várias atividades desenvolvidas ao longo da conceção da presente dissertação de mestrado, com as respetivas datas de início e duração.

Tabela 2 – Fases da dissertação, data de início das mesmas e respetiva duração.

Fase	Descrição	Data de Início	Duração (dias)	Data de Fim
A	Calendarização: definição dos pontos a abordar na revisão bibliográfica e distribuição do trabalho no decurso do tempo.	23/02/2015	3	26/02/2015
B	Contextualização de fundamentos teóricos básicos relativos aos AVAC's e seus derivados (revisão bibliográfica).	23/02/2015	5	28/02/2015
C	Caso prático num grande edifício de serviços: levantamento exaustivo dos dados existentes, definição de estratégias e aplicação das mesmas.	28/02/2015	60	29/04/2015
D	Estudo das técnicas de otimização e controlo.	23/04/2015	30	23/05/2015
E	Definição de serviços. Criação de <i>templates</i> para registo de serviços.	13/05/2015	10	23/05/2015
F	Registo de serviços e validação dos mesmos.	23/05/2015	15	07/06/2015
G	Caso prático num grande edifício de serviços: M&V.	26/05/2015	20	15/06/2015
H	Redigir versão <i>draft</i> da tese.	10/05/2015	21	31/05/2015
I	Correção e elaboração da versão final da tese.	31/05/2015	19	19/06/2015
J	Otimização das soluções encontradas.	10/06/2015	9	19/06/2015

Na Figura 6 vê-se, no formato de um diagrama de Gantt, as mesmas atividades referidas acima.

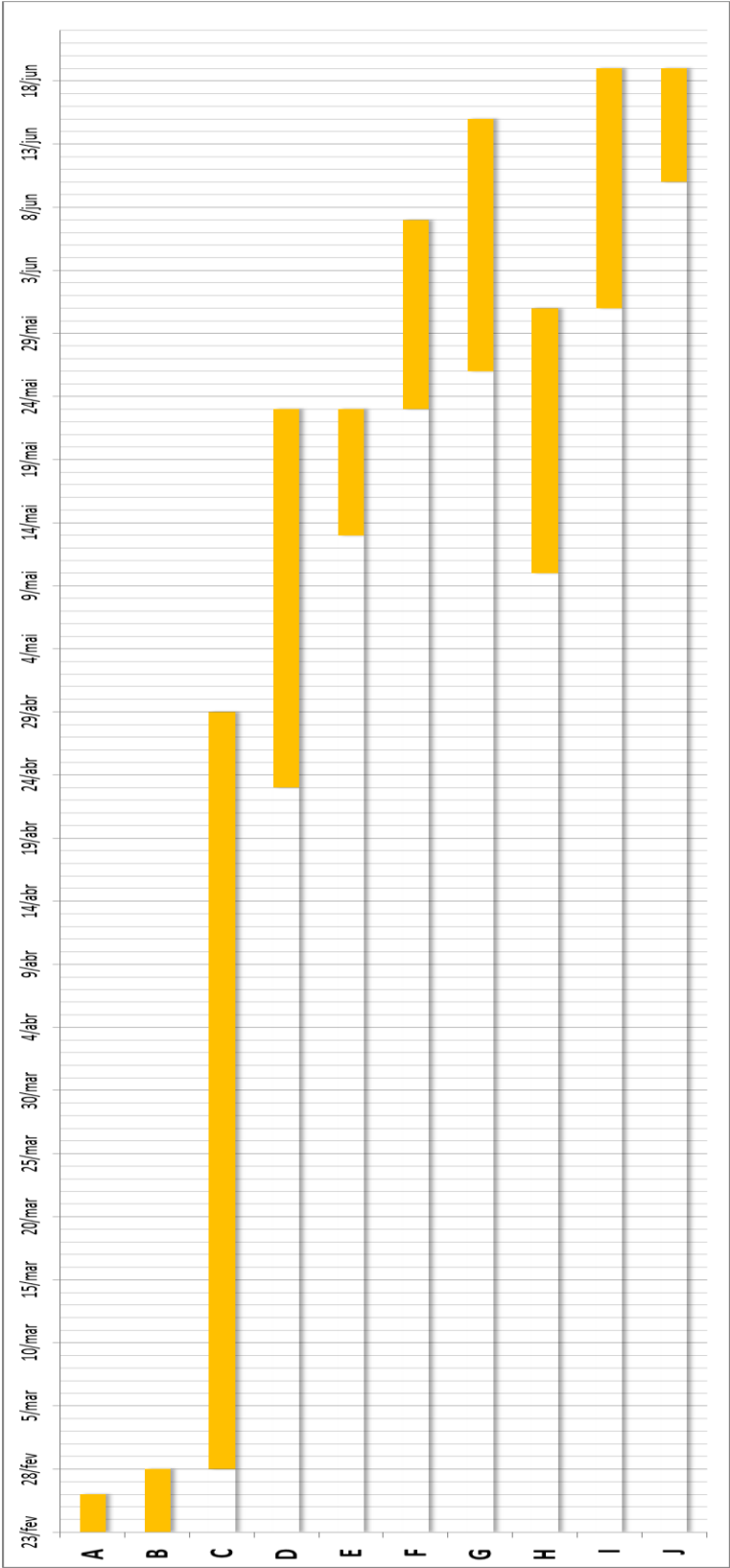


Figura 6 – Diagrama de Gantt da dissertação.

Tanto a Tabela 2 como a Figura 6 foram alvo de atualizações constantes ao longo deste segundo semestre em que este trabalhofoi desenvolvido.

## **1.5 - Estrutura da dissertação**

Esta dissertação encontra-se dividida em 6 capítulos. Estes capítulos são caracterizados da seguinte forma:

O primeiro capítulo, ou seja, este capítulo, identifica o tema da tese, caracterizando os principais objetivos do projeto, assim como cada um dos métodos utilizados.

O segundo capítulo apresenta a revisão bibliográfica referente à gestão de energia, incluindo um dos aspetos chave deste tema que é a eficiência energética.

No terceiro capítulo faz-se uma referência teórica aos sistemas AVAC's e a cada equipamento que constitui esse tipo de sistemas.

No capítulo 4 é apresentada a metodologia a seguir quando se avaliam grandes edifícios de serviços.

Chegando ao quinto capítulo é apresentado o caso de estudo desta dissertação onde se faz uma pequena introdução ao centro comercial em estudo, assim como o seu zonamento sendo depois aplicada a metodologia retratada no capítulo anterior, tendo em consideração este caso específico.

Por fim, no capítulo 6 são apresentadas as conclusões retiradas ao longo do projeto assim como uma referência a trabalhos futuros.



## **2 - Gestão de energia**

### **2.1 - O que é a gestão**

A gestão é a ciência social que estuda e sistematiza as práticas usadas para administrar um determinado projeto/edifício/marca. Por outras palavras, é um conjunto de tarefas que procuram garantir a utilização eficaz de todos os recursos disponibilizados por uma organização para atingir determinados fins previamente definidos.

Cabe à gestão a otimização do funcionamento através da tomada de decisões. Decisões estas que são fundamentadas com a recolha e o tratamento de certos dados e de informações relevantes, que contribuem para o desenvolvimento e para a satisfação dos interesses de todos os colaboradores e proprietários, da sociedade em geral ou de um grupo em particular. [9]

### **2.2 - O que é a gestão de energia**

A gestão de energia é uma plataforma universal de análise e otimização de consumo de energia. A sua aplicação permite gerir e otimizar dentro da mesma organização os vários tipos de energia que são consumidos, entre os quais:

- Eletricidade;
- Gás;
- Combustíveis Fósseis. [10]

Apesar da gestão de energia depender destes pontos todos, na presente dissertação vai-se dar mais importância aos dois primeiros – eletricidade e água.

### **2.2.1 - Gestão de energia em edifícios**

O objetivo da gestão de energia em edifícios consiste em assegurar que os custos associados à utilização de energia num determinado edifício sejam reduzidos ao mínimo, enquanto a qualidade dos serviços prestados não deteriora ou até, se possível, é melhorada. Esta gestão de energia em edifícios permite:

- Reduzir a fatura energética, através de economias de energia e de gestão de outros encargos como a potência e a energia reativa;
- Diminuir custos no que toca à substituição e reparação de equipamentos através da prática de corretos programas de manutenção;
- Obter o melhor funcionamento possível dos sistemas e respetivos equipamentos;
- Evitar emissões de poluentes.

É importante referir que esta gestão de energia, deve começar a ser aplicada logo na fase de projeto de determinado edifício para que o mesmo já tenha um ótimo desempenho energético e equipamentos eficientes desde o início da sua conceção. No caso de edifícios já existentes, a gestão de energia incide mais na redução dos consumos de energia atuais. [1], [11]

### **2.3 - Eficiência energética**

“A eficiência energética é a primeira e mais importante fonte renovável de que dispomos actualmente”

ADENE 2008

A eficiência energética anda de mão dada com a gestão de energia pois a primeira consiste na otimização do consumo energético.

A ameaça do esgotamento dos combustíveis fósseis já persegue a sociedade há algum tempo, com o seu fim cada vez mais perto o que leva a pensar em alternativas para estes combustíveis ou então, obriga a reduzir o seu consumo. É estritamente necessário utilizar a energia de forma responsável para garantir um futuro melhor para as gerações que estão para vir.

A aplicação da eficiência energética começa logo em casa de cada indivíduo, em que ações simples, tais como desligar a luz de um espaço quando se encontra desocupado, ou então adquirir eletrodomésticos eficientes, é já uma maneira acessível de se ser eficiente a nível energético. É fácil comprar eletrodomésticos eficientes pois a etiqueta energética do mesmo já transmite essa informação. A classificação é feita por níveis, em que: o nível A corresponde ao



nível de máxima eficiência e o nível G corresponde ao nível de pior eficiência. A etiqueta energética mais comum encontra-se representada na Figura 7, pois, hoje em dia já existem etiquetas cujo nível máximo é o A+++, como acontece no caso de alguns electrodomésticos. [2]

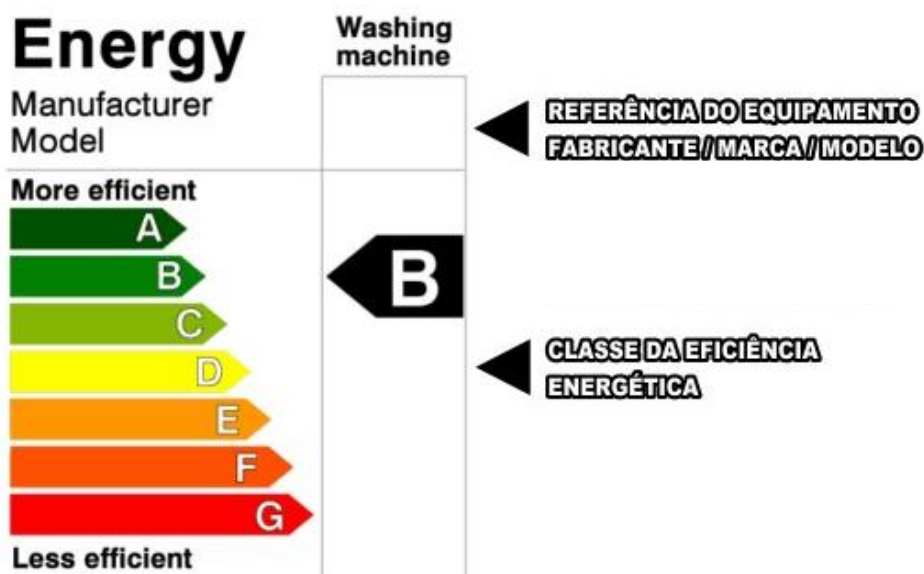


Figura 7 – Exemplo de uma etiqueta energética de uma máquina de lavar. [12]

Ao nível dos grandes edifícios, a eficiência energética é aplicada de maneira bastante semelhante pois os sistemas que mais consomem num grande edifício de serviços são a iluminação e os sistemas AVAC. Ter lâmpadas eficientes, aproveitar ao máximo a luz natural através de janelas e envidraçados e ligar os equipamentos de ar condicionado apenas quando necessário, já torna um edifício mais eficiente mas isso será discutido numa fase mais posterior da presente dissertação.

Por fim, é importante referir ainda a existência de uma entidade relevante nos campos da eficiência energética, a DGEG – ou Direcção Geral da Energia e Geologia. Esta entidade tem como funções:

- Promover e cooperar na elaboração de normas, regulamentos e especificações técnicas relativos ao incremento da eficiência no uso da energia;
- Acompanhar a evolução tecnológica dos equipamentos de consumo final de energia e promover a divulgação deste desenvolvimento;
- Promover a eficiência energética e a diversificação de utilização de fontes de energia primária;
- Assegurar o cumprimento da legislação em vigor relativa à gestão de energia;

- Apoiar, técnica e tecnologicamente, os consumidores visando uma maior eficiência na utilização da energia;
- Analisar e emitir pareceres técnicos sobre programas e projetos de gestão e de conservação de energia e diversificação de fontes energéticas;
- Apoiar a gestão dos sistemas de incentivos e regimes de apoio estabelecidos a nível nacional ou comunitário, destinados aos recursos endógenos e à eficiência energética;
- Proceder ao estímulo e enquadramento das Agências de Energia. [13]

## **2.4 - Gestão técnica centralizada (GTC)**

O sistema de gestão técnica centralizada é, hoje em dia, um elemento essencial quando se fala de eficiência energética pois esta permite a automatização de processos para além de facilitar o comando, o controlo, a supervisão e a gestão de várias instalações existentes num edifício, entre elas, a climatização (ou sistema AVAC) ou a iluminação. A GTC realiza normalmente controlo direto em alguns parâmetros do edifício, entre as quais a temperatura ambiente, a qualidade do ar e o estado da iluminação (ligada ou desligada). [14]

A GTC tem a obrigatoriedade de conseguir comunicar com todos os equipamentos que suportam os diferentes serviços de um edifício, independentemente do fabricante dos mesmos, através de protocolos existentes no mercado atual, permitindo assim uma recolha e gestão de dados centralizada, tal como o próprio nome do sistema indica. Uma vez convertida em informação, os dados obtidos terão influência direta na tomada de decisões e ações cujo objetivo é simplesmente promover a melhoria de eficiência e, principalmente, do conforto dos ocupantes e proprietários do edifício em questão.

O sistema deverá ser baseado numa plataforma aberta, com uma arquitetura distribuída e modular, que permita uma fácil reorganização do sistema no caso de o edifício sofrer algum tipo de expansão ou obras. [15]

Na Figura 8 pode ser visto um exemplo de uma página inicial de um sistema GTC.

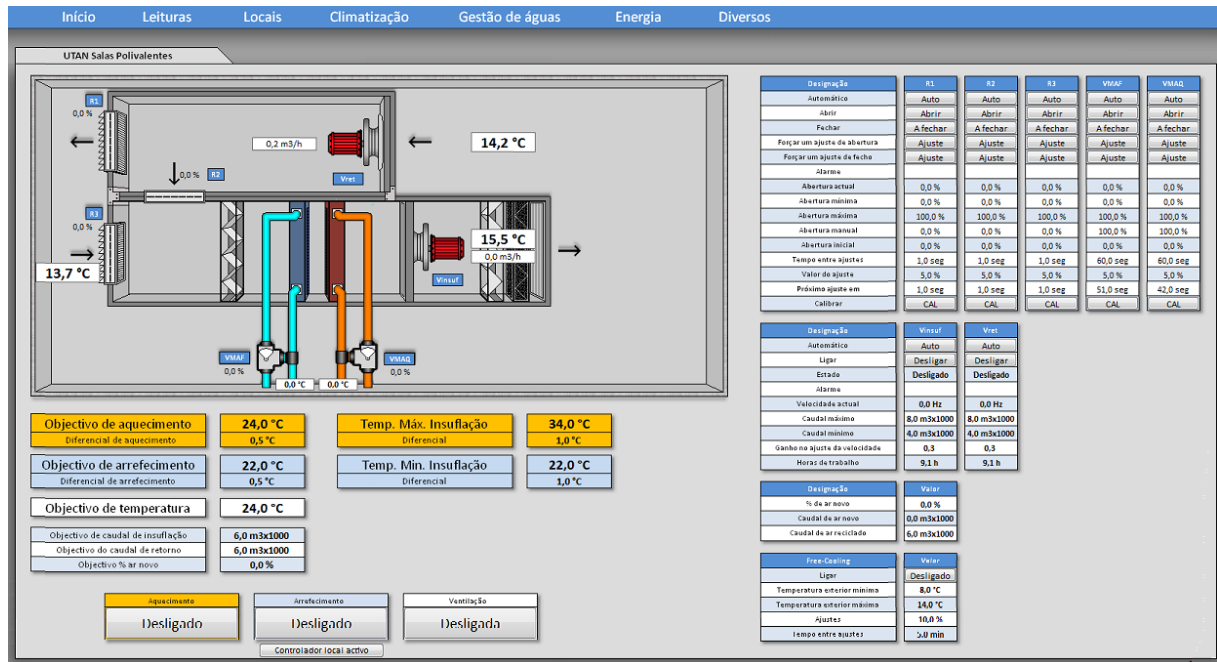


Figura 8 – Exemplo de uma página inicial da GTC. [16]

A GTC já é referida aqui pois pertence ao tópico da Gestão e é aplicada no caso de estudo, que será discutido numa fase mais posterior do trabalho.



### 3 - Sistemas AVAC

Os sistemas AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado) têm como principal objetivo criar e manter um ambiente confortável dentro de um determinado espaço, seja ele um grande edifício de serviços, como é o caso de estudo desta dissertação, ou uma simples sala.

O conforto – ou um ambiente confortável – depende de vários parâmetros. Estes são listados de seguida:

- Temperatura;
- Humidade;
- Movimento/velocidade do ar;
- Ar fresco;
- Ar novo;
- Nível de ruído;
- Luminosidade;
- Mobiliário e superfícies de trabalho.

Os sistemas AVAC não têm impacto em todos os parâmetros referidos. No entanto também não influenciam apenas a temperatura e a humidade de um certo espaço. Excluindo a luminosidade e as superfícies de trabalho, todos os outros requisitos podem sofrer impactos (tanto positivos como negativos) devido ao sistema AVAC inserido no espaço em questão. [17]

#### 3.1 - Ciclos inseridos nos AVAC's

Habitualmente, os sistemas AVAC's estão divididos em 5 grandes ciclos, que são enumerados de seguida:

- Ciclo de ar – *Airside loop*;
- Ciclo da água gelada – *Chilled-Water loop*;
- Ciclo de refrigeração – *Refrigeration loop*;

- Ciclo da rejeição de calor – *Heat-rejection loop*;
- Ciclo de controlo – *Controls loop*.

Na Figura 9 apresentam-se os vários ciclos de um sistema AVAC. Há que ter em atenção que apesar destes 5 ciclos representarem virtualmente qualquer sistema AVAC, isto não quer dizer que todos os sistemas deste tipo empreguem os 5 ciclos.

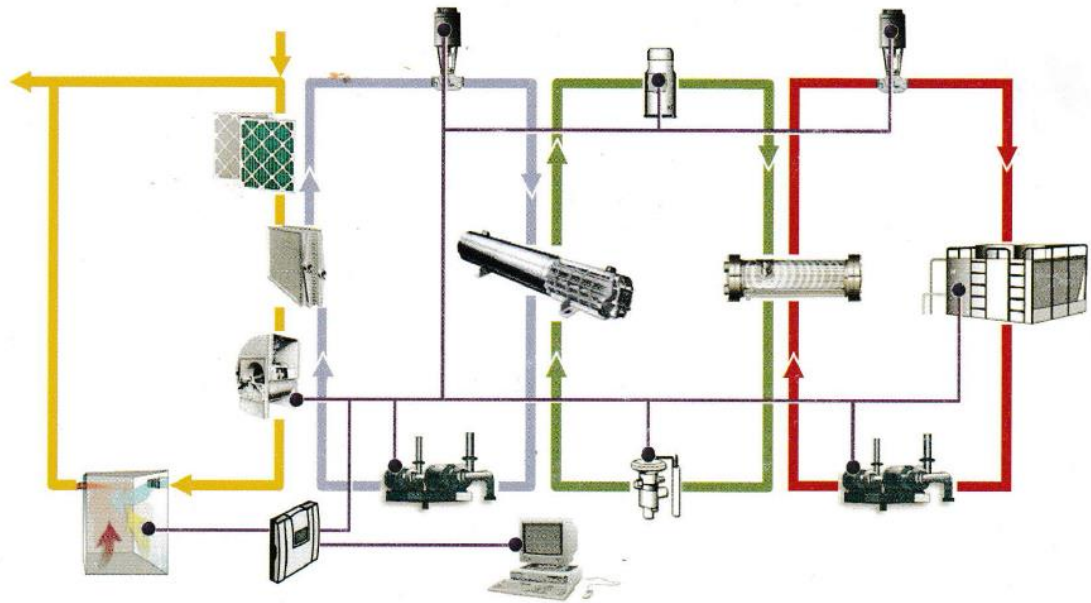


Figura 9 – Ciclos inseridos num sistema AVAC. [17]

De seguida vai ser feita uma análise mais concreta a cada um dos ciclos. Começando pelo ciclo de ar, este ciclo é o que engloba o espaço a ser climatizado, como se representa na Figura 10. A principal função deste ciclo relaciona-se com o conforto sentido no espaço referido, ou seja, é o responsável por adicionar ou remover calor para manter as condições ótimas para os indivíduos que ocupam o espaço.



Figura 10 – Ciclo de ar de um sistema AVAC. (adaptado) [17]

Para além do espaço climatizado, estão incluídos outros componentes neste ciclo, entre eles: ventoinhas de insuflação, ventoinhas de extração, filtros e até baterias de arrefecimento, todos eles incluídos num único equipamento denominado de UTA – Unidade de Tratamento de Ar – ou UTAN – Unidade de Tratamento de Ar Novo – que vão ser referidas de uma forma mais completa com o decorrer do presente relatório.

O ciclo de água gelada é, muito provavelmente, o ciclo mais importante de um sistema AVAC. É neste ciclo que, tal como o nome indica, se produz água gelada e é a este que se encontram associados os equipamentos que mais influência têm no consumo do sistema, em grande parte por causa de um único equipamento, designado por *chiller*, que também vai ser abordado mais adiante. No entanto, do *chiller* apenas se considera o evaporador como parte integrante deste ciclo. O evaporador do *chiller* é responsável pelo arrefecimento da água até determinada temperatura, água esta que vai ser usada para arrefecer o ar que vem do exterior e que se encontra no ciclo de ar. Outro equipamento relevante introduzido neste ciclo é a bomba.

É importante referir que nem sempre existe este ciclo nos sistemas AVAC pois para que este ciclo apareça, tem de haver água a circular na tubagem. Caso não haja água a circular pelo sistema, este ciclo é difundido no ciclo que se vai falar de seguida – ciclo de refrigeração.

Na Figura 11 pode ser observada a adição do ciclo de água gelada ao ciclo de ar.

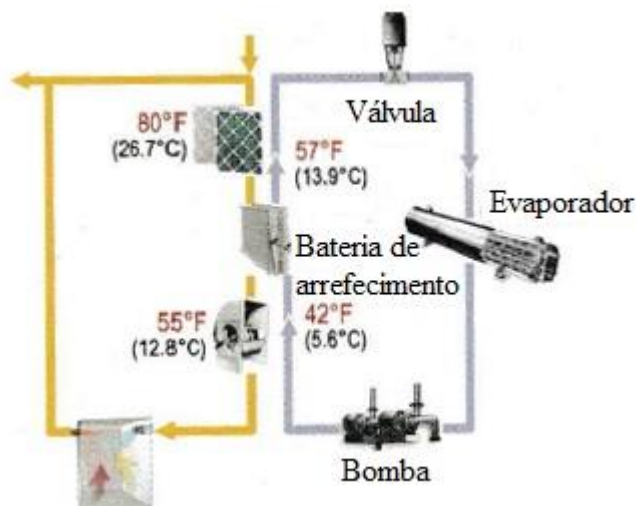


Figura 11 – Ciclo de ar (amarelo) + ciclo de água gelada (azul). (adaptado) [17]

Em terceiro lugar encontra-se então o ciclo de refrigeração. Este ciclo, tal como o nome indica, é responsável por arrefecer o fluido frigorigénio que absorve a energia que vem da água proveniente do ciclo de água gelada. Aqui, aparece o outro componente do *chiller*, ou seja, o condensador que tem como função arrefecer esse mesmo fluido frigorigénio. Na Figura 12 representa-se a forma de interação dos 3 ciclos .

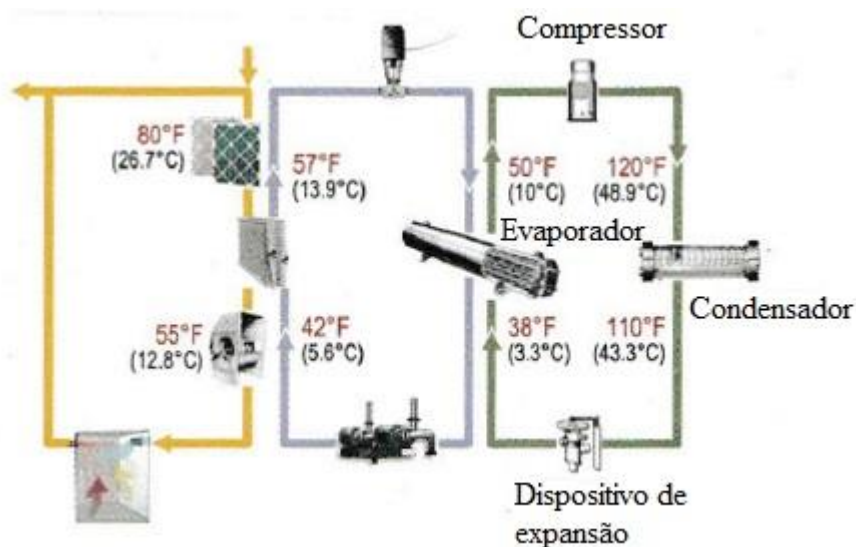


Figura 12 – Ciclo de ar (amarelo) + ciclo de água gelada (azul) + ciclo de refrigeração (verde). (adaptado) [17]

Também é possível ter o ciclo de refrigeração sem o ciclo de água gelada, como pode ser observado na Figura 13. Isto acontece quando o *chiller* é a ar e não a água como vai ser visto nos capítulos seguintes.



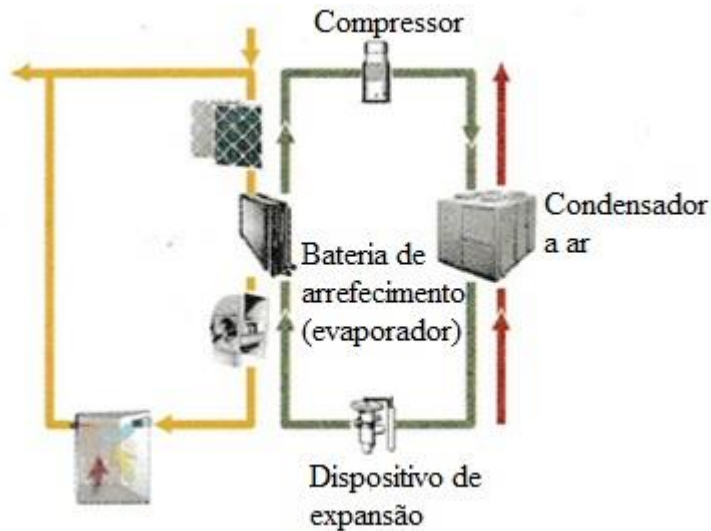


Figura 13 – Alternativa sem o ciclo de refrigeração mas com o ciclo de ar (amarelo) e o ciclo de refrigeração (verde). (adaptado) [17]

De seguida, tem-se o quarto ciclo de um sistema AVAC, conhecido pelo ciclo da rejeição de calor. Aqui surge mais um equipamento denominado por torre de arrefecimento, cuja função é arrefecer a água que vem do condensador. Este ciclo também possui uma bomba que transporta a água vinda do condensador para a torre de arrefecimento. Na Figura 14 é possível observar a adição do ciclo de refrigeração num sistema AVAC.

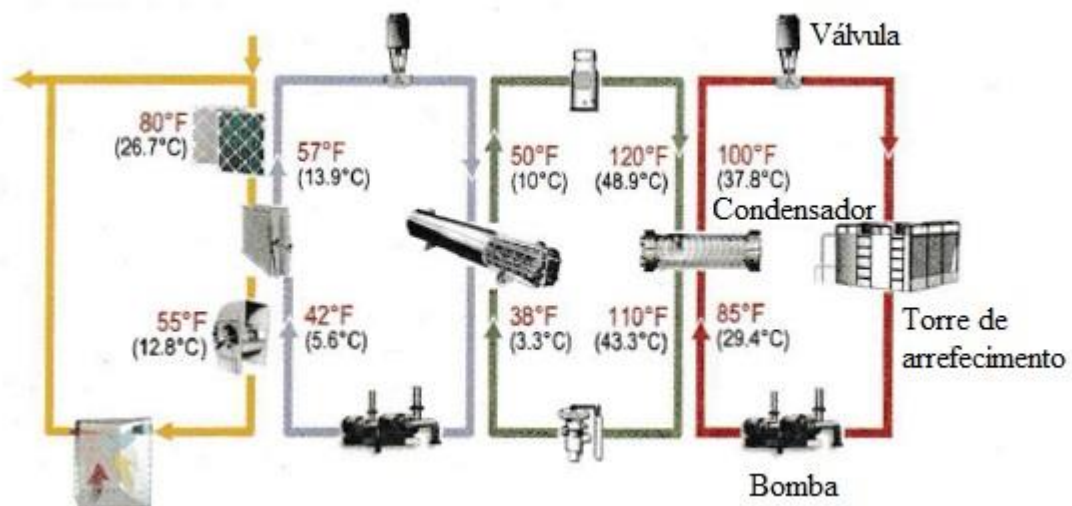


Figura 14 – 4 ciclos de um sistema AVAC depois da adição do ciclo de rejeição de calor (vermelho). (adaptado) [17]

Por último, tem-se o quinto ciclo designado por ciclo do controlo. Este ciclo permite que os equipamentos referidos em todos os ciclos anteriores possam ser controlados de maneira automática através de *set-points* e rotinas definidas na GTC – a ser referidas no capítulo 4. Cada

equipamento tem de ser controlado individualmente de forma a que o mesmo funcione de maneira correta. A isto se chama controlo a nível da unidade. Quando se quer controlar vários equipamentos ao mesmo tempo, por exemplo, quando um dado equipamento depende do *set-point* de outro, já se fala de controlo ao nível do sistema. Estes aspetos são todos controlados através da GTC. Na Figura 15 pode ser encontrado este ciclo de controlo ligado aos vários equipamentos dos outros 4 ciclos de um sistema AVAC. [18]

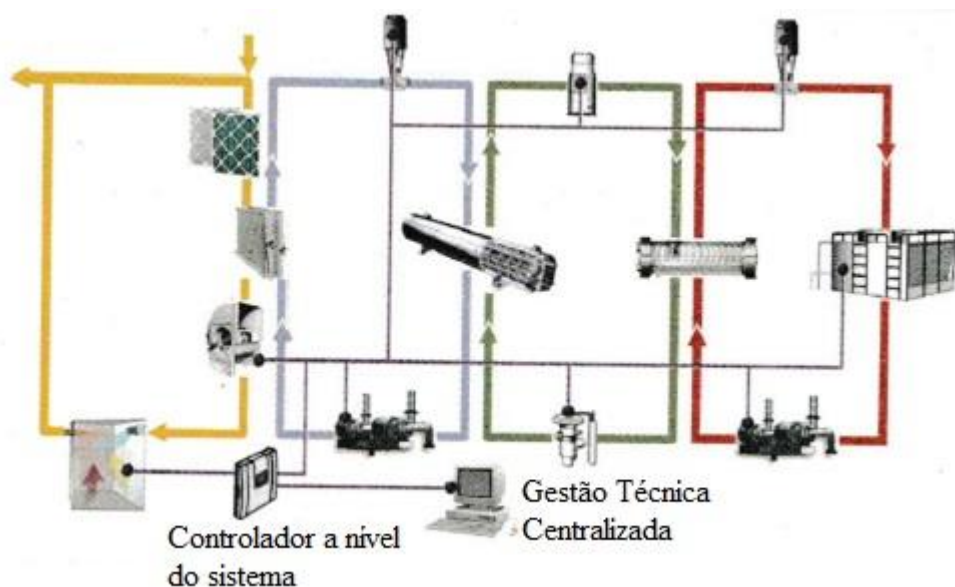


Figura 15 – Adição do ciclo de controlo aos 4 ciclos referidos anteriormente. (adaptado) [17]

## 3.2 - Equipamentos dos sistemas AVAC

Nesta secção são referidos os equipamentos que se encontram tipicamente num sistema AVAC centralizado de um grande edifício de serviços.

### 3.2.1 - Chillers

Os *chillers* são equipamentos cuja principal função é arrefecer água. Água esta que, por sua vez, é utilizada para arrefecer o ar que vem de outros equipamentos de um sistema AVAC, como é o caso das UTA's. [19]

Os *chillers* podem ser divididos em dois grandes grupos: em primeiro lugar tem-se os *chillers* de água e em segundo os *chillers* a ar. Cada um destes é constituído por condensadores (que absorvem calor) e por evaporadores (que expõem calor).

Uma das diferenças entre os *chillers* de água e os *chillers* a ar encontra-se nos valores de potência de arrefecimento dos mesmos, em que os *chillers* de água têm de maneira

incontestável valores de potência mais elevados, como pode ser visto a partir da análise da Figura 16.

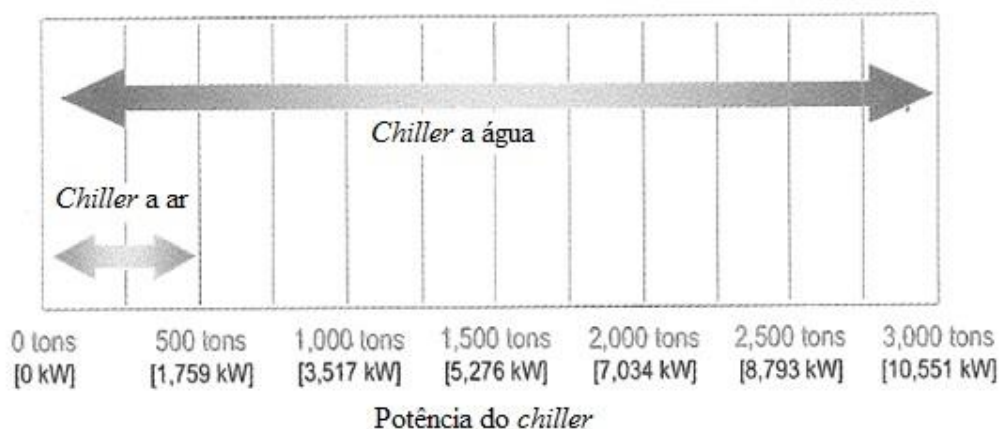


Figura 16 – Potência dos *chillers* a água vs *chillers* a ar. (adaptado) [20]

Os *chillers* de água, como se podem ver na figura acima, podem chegar a ter potências que rondam os 10.500 kW e em alguns casos especiais chegar até aos 30.000 kW. Já os *chillers* a ar não ultrapassam muito os valores de 1600 kW. Por isso mesmo, os *chillers* a água também são usualmente vistos como mais eficientes a nível energético.

No entanto, os *chillers* a ar também têm vantagens. Uma delas consiste no facto de não precisar de torres de arrefecimento, ao contrário dos *chillers* a água. Esta vantagem é logo notável a nível do consumo energético pois tem-se menos um equipamento a contribuir para o aumento deste. Outra vantagem encontrada nos *chillers* a ar tem a ver com o facto de poderem trabalhar a temperaturas extremas, ou seja, abaixo dos 0°C pois não correm o risco de congelar, situação que acontece com a água.

Resumidamente, os dois tipos de *chillers* têm prós e contras. Para se chegar a uma conclusão de qual destes *chillers* se deve usar tem de se fazer uma análise energética equilibrada e cuidada, pois os gastos associados às bombas e à torre de arrefecimento podem desequilibrar a balança a favor dos *chillers* a ar. Um breve resumo dos fatores referidos acima dos dois tipos de *chillers* pode ser verificado de seguida, na Tabela 3.

Tabela 3 – *Chillers* de água vs *Chillers* a ar.

<b>Chiller a água</b>	<b>Chiller a ar</b>
Maior eficiência	Baixo custo de manutenção
Tempo de vida superior	Melhor performance sob temperaturas baixas
Necessita de equipamento extra (torres, bombas)	Instalação simples e barata
Instalação no interior do edifício	Instalação no exterior do edifício

Após esta breve introdução é do interesse dar a conhecer os tipos de *chillers* mais utilizados hoje em dia.

### **Chillers de compressão a vapor**

Começando pelos *chillers* de compressão a vapor, tem-se na Figura 17, um esquema simplificado do que se passa no seu interior.

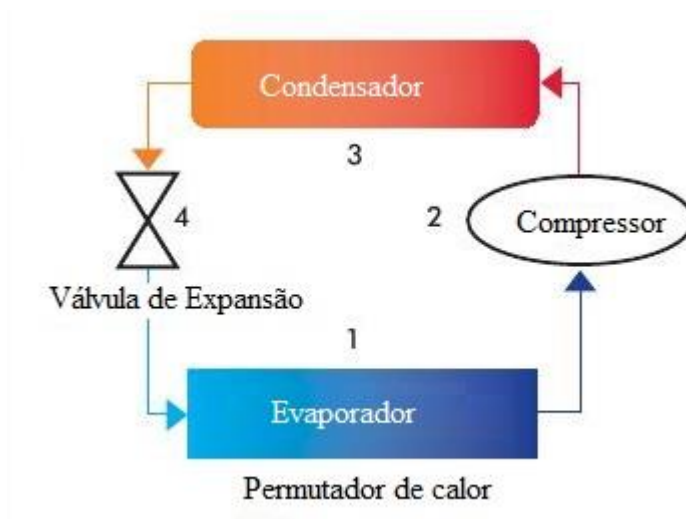


Figura 17 – Ciclo de compressão a vapor. (adaptado) [21]

Neste ciclo, o fluido (usualmente água, mas podem também ser usados fluidos frigorigéneos) entra no evaporador, a uma temperatura baixa e sob a forma de uma mistura de líquido com vapor a uma pressão baixa. Aqui, o fluido aumenta a sua temperatura graças à transferência de calor vinda do ar relativamente quente, fazendo com que o fluido comece a ferver. O vapor resultante entra no compressor, onde se vê a temperatura e a pressão do mesmo a aumentar. De seguida, o vapor entra no condensador onde o calor é transferido para o ar ou para a água a uma temperatura mais baixa. Depois de o vapor se converter para líquido, entra numa válvula de expansão onde a pressão do fluido cai. O ciclo aqui descrito depois repete-se. [20]

Por vezes, o *chiller* pode ser dividido em duas partes, em que uma fica no interior do edifício e outra no exterior, ou então ser um *chiller* mais compacto. No entanto, o *chiller* dividido em duas partes, denominado *Split Components*, só pode ser aplicado nos *chillers* a ar.

Estes *chillers* trazem como vantagem a possibilidade de pôr determinados equipamentos em locais mais favoráveis a nível de espaço, de acústica e até a nível da temperatura local. No caso dos *Split Components*, tem-se o condensador e o compressor, localizados no exterior do

edifício e os restantes componentes no interior. Uma vantagem que salta à vista tem a ver com o facto destes dois equipamentos serem os que mais produzem ruído sonoro, daí ter grande interesse a sua localização exterior. O evaporador é mantido no interior para reduzir alguma possibilidade de congelamento. Esta configuração é muito aplicada em escolas e noutros edifícios institucionais.

Referindo agora o caso mais compacto, que pode ser aplicável tanto a *chillers* de água como a ar, todos os equipamentos que têm a ver com a refrigeração são localizados no exterior do edifício. Esses equipamentos são o compressor, o condensador, o dispositivo de expansão e o evaporador. [20]

### Chillers por absorção

Antes de se mencionar os *chillers* de água que trabalham através da absorção, é necessário entender como funciona o ciclo de refrigeração por absorção, ilustrado na Figura 18.

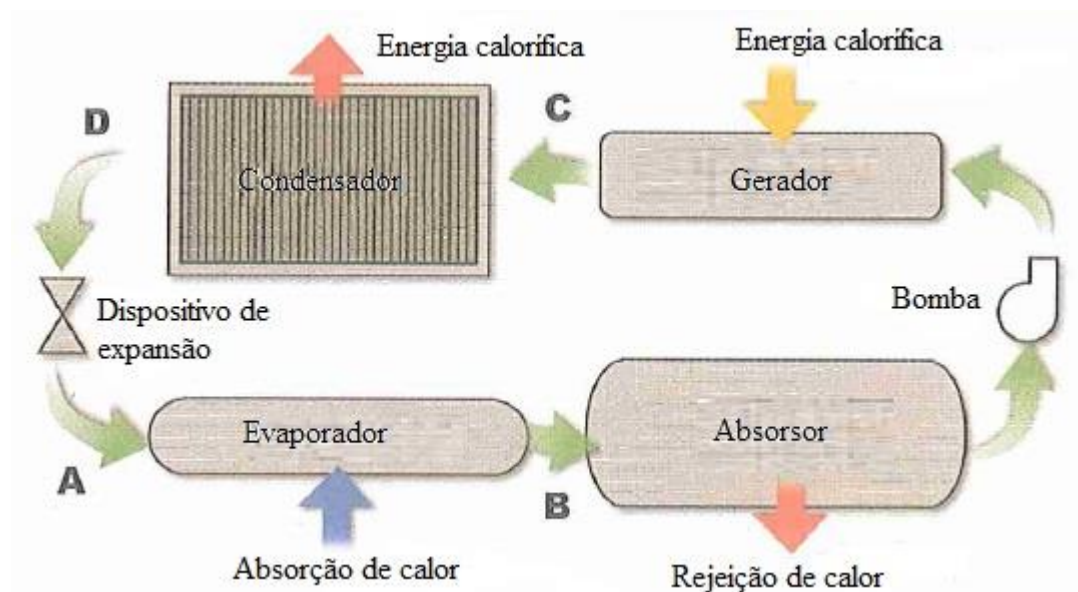


Figura 18 – Ciclo de refrigeração por absorção. (adaptado) [20]

Os *chillers* discutidos até aqui funcionam todos com o ciclo de refrigeração através da compressão do vapor. Por outro lado, os *chillers* que funcionam através da absorção são uma alternativa aos primeiros. Este tipo de *chillers* absorve calor que vem sob a forma de vapor/água quente (ignição indireta – *indirect-fired*) ou através da queima de petróleo ou gás natural (ignição direta – *direct-fired*).

Neste ciclo, a diferença mais visível consiste na substituição do compressor, por um absorsor, uma bomba e um gerador. A outra diferença advém da adição de um segundo fluido denominado absorvente, para além do fluido frigorigéneo (ou água).

Um fluido a alta pressão e quente passa através do dispositivo de expansão e entra no evaporador sob a forma de uma mistura de líquido e vapor, arrefecida e a uma pressão mais baixa. O calor é transferido para o fluido, aquecendo-o, e fazendo com que parte do mesmo evapore. De seguida, este primeiro fluido é misturado com o fluido absorvente no absorsor. Depois, a bomba funciona como um compressor, “empurrando” o fluido e elevando a sua pressão. Por fim, o fluido passa pelo condensador, onde liberta líquido para a torre de arrefecimento e o processo repete-se a partir daí.

As grandes vantagens deste tipo de *chillers* incluem a menor necessidade elétrica, evita o desperdício de calor e a possibilita a existência de cogeração a partir do *chiller*, reaproveitando o calor perdido num *chiller* de compressão, por exemplo. No entanto, o custo inicial de instalação deste tipo de *chillers* é superior quando comparados com os *chillers* de compressão.

Existem 3 tipos de *chillers* de absorção, divididos em dois grupos. Os *chillers* do tipo *direct-fired* e os *indirect-fired*. Dentro dos *chillers* do tipo *indirect-fired*, temos os *chillers* de efeito simples e os *chillers* de duplo efeito. Os *chillers* de efeito simples são preferencialmente utilizados quando o vapor se encontra a pressões baixas (até cerca de 200 KPa) e a temperatura do fluido não ultrapassa os 130°C. Já os *chillers* de duplo efeito são utilizados em situações cuja pressão chega a valores mais altos (até 900 KPa) do que os referidos nos *chillers* de simples efeito e cuja temperatura do fluido pode rondar os 190°C. Os COP's dos *chillers* falados em primeiro lugar rondam os valores de 0,6-0,8 e no caso dos *chillers* de duplo efeito rondam os 0,9-1,2. [20]

Por outro lado, tem-se os *chillers* de absorção de ignição directa, que tem uma caldeira interna e, por isso, não necessita de uma fonte de calor externa. O COP destes *chillers* é muito semelhante aos *chillers* de duplo efeito no entanto, estes têm uma eficiência maior graças ao facto de a energia calorífica usada no aquecimento poder ser reaproveitada. [20]

### 3.2.2 - Bombas

A bomba é um componente que aparece em vários pontos de um sistema AVAC e serve para, tal como o nome indica, bombear água (ou ar) pelo circuito. Também tem várias denominações dependente da sua função. Por outras palavras, pode ser denominada como bomba primária, bomba secundária ou bomba de condensação. As bombas tem de ter potência



suficiente para que a água circule pelas tubagens, pelo evaporador, pelos tubos da bateria de arrefecimento, e/ou por outros equipamentos que estejam instalados no circuito. [17]

Um sistema AVAC, a nível das bombas, normalmente encontra-se dividido em duas partes. O ciclo da produção e o ciclo da distribuição, como pode ser observado na Figura 19.

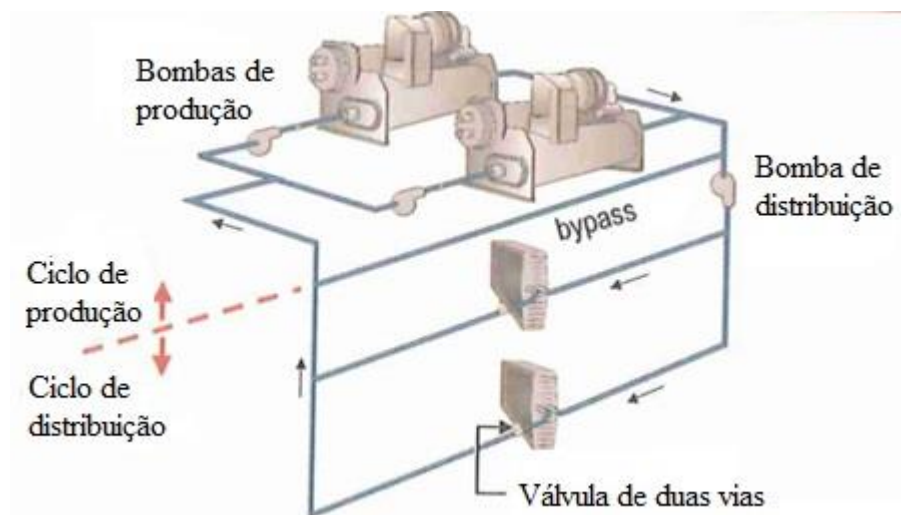


Figura 19 – Ciclos de produção e distribuição ligados aos *chillers* e baterias de arrefecimento. (adaptado) [20]

Portanto, observando a Figura 19 dá para perceber que as bombas primárias encontram-se no ciclo de produção a bombear a água para o *chiller* e as bombas secundárias no ciclo de distribuição a bombear água para outros equipamentos (baterias de arrefecimento das UTA's, por exemplo).

As bombas de condensação fazem a ponte entre os *chillers* e as torres de arrefecimento e, tal como o nome indica, bombeiam a água condensada.

### 3.2.3 - Torre de arrefecimento

A torre de arrefecimento, tal como o seu nome indica, é um dispositivo de remoção de calor. Por outras palavras, a torre de arrefecimento arrefece a água que vem do condensador do *chiller*, usando para isso o ar exterior. Ocasionalmente, quando é necessária uma maior potência de arrefecimento, é ativado um ventilador que a torre possui para agilizar o processo de arrefecimento, em troca de um maior consumo de energia. Na Figura 20 pode ser visualizada um exemplo de uma torre de arrefecimento.

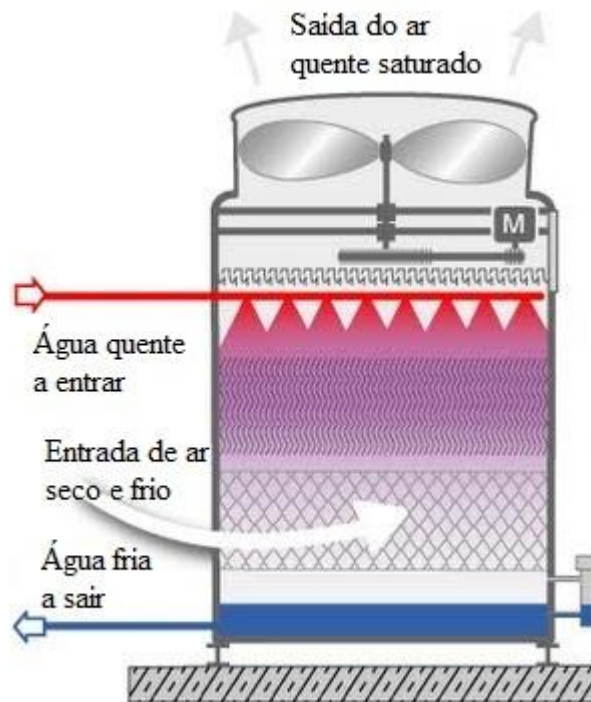


Figura 20 – Torre de arrefecimento. (adaptado) [22]

### 3.2.4 - UTA's

As UTA's – Unidades de Tratamento de Ar – servem para condicionar e fazer circular o ar num sistema AVAC. Dentro de uma UTA existem vários equipamentos, entre eles ventiladores mecânicos, elementos de aquecimento e arrefecimento (baterias), grelhas de admissão/saída e filtros. Estas unidades estão normalmente ligadas a uma rede de condutas que distribui (e recolhe) o ar pelo espaço a ventilar. No caso das UTA's existe a possibilidade de recircular o ar que volta do espaço a ventilar, seja para evitar a utilização de equipamentos adicionais – por exemplo, usar já algum ar quente que vem de dentro do edifício em vez de ligar uma bateria de aquecimento – ou para aproveitar já o ar filtrado.

Existe um equipamento parecido com as UTA's que são as UTAN's – Unidades de Tratamento de Ar Novo – onde, ao contrário das UTA's, não há recirculação do ar, ou seja, tem-se sempre 100% de ar novo vindo do exterior. Na Figura 21 pode ser visto um exemplo de uma UTA.





Figura 21 – Exemplo de uma UTA. [23]

Normalmente as UTA's/UTAN's possuem duas vias, a de extração e a de insuflação e nem sempre trabalham as duas ao mesmo tempo, dependendo das exigências do espaço a ventilar.

A nível da recuperação de calor, este pode ser feito através de três métodos:

- Recuperador de fluxos cruzados – consiste numa série de camadas, normalmente em metal, com os caminhos de ar entrelaçados onde ocorre uma transferência de calor do ar quente (interior) para o mais frio (exterior). Tem a possibilidade de recuperação de calor na ordem dos 70%;
- Roda térmica – consiste numa matriz de metal que se encontra em rotação lenta, operando em ambos os fluxos de ar. O calor é absorvido na semi-rotação onde passa o ar de extração e esse mesmo calor é depois libertado na outra semi-rotação onde passa o ar de insuflação. Na Figura 22 visualiza-se um exemplo de uma roda térmica. Este é o modo de recuperação mais eficiente e por isso mais usado, com recuperações de calor até 85%; [24]

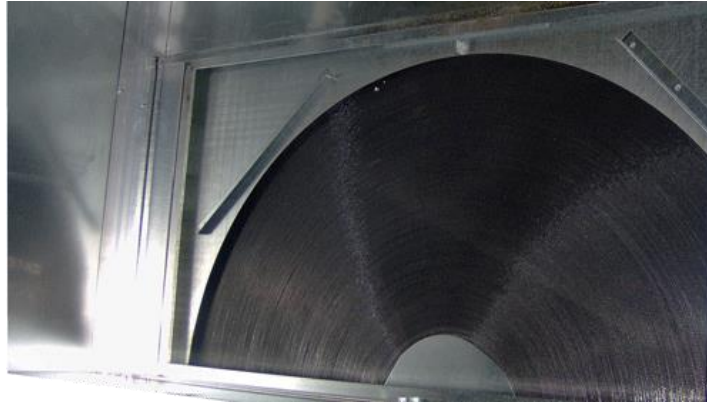


Figura 22 – Roda térmica no interior de uma UTA. [25]

- Bomba de circulação – consiste em duas serpentinas de permuta de calor, localizadas em cada um dos sentidos dos fluxos, acopladas uma à outra e usando uma bomba de circulação onde a água circulada é o meio de transferência de calor. É o dispositivo de recuperação de calor menos eficiente, ou seja, a rondar apenas os 50%.

Estes equipamentos exigem manutenção constante, principalmente devido aos filtros que precisam de ser mudados ou limpos regularmente.

### 3.2.5 - Bancos de Gelo

Os bancos de gelo, Figura 23, são equipamentos cujo objetivo é otimizar o consumo de energia elétrica, através da produção de gelo no horário onde as tarifas de eletricidade têm custos mais baixos (entenda-se horário de vazio), ou seja, durante a noite. Estes bancos são carregados através dos *chillers* que arrefecem a água dos mesmo até chegarem a temperaturas negativas. São depois normalmente descarregados em horários de ponta, ou seja, quando a eletricidade é mais cara, em detrimento dos *chillers*, que têm consumos bastante elevados.



Figura 23 – Bancos de gelo. [26]

### 3.2.6 - Ventiloconvectores

Os ventiloconvectores, Figura 24, são pequenas unidades terminais que servem para aquecer ou arrefecer um determinado espaço de forma simples, rápida e uniforme, para além de serem dispositivos económicos. Estes são alimentados pela água que provém do sistema central AVAC e podem ser utilizados tanto a nível doméstico como comercial ou até industrial. [27]



Figura 24 – Exemplo de um ventiloconvector. [28]



## 4 - Metodologia

No início de vida de um determinado edifício, de uma maneira geral, os sistemas são fornecidos em boas condições e instalados de maneira correta. No entanto, ao longo do tempo em que a empresa Edifícios Saudáveis existe, já se deparou com inúmeras situações a nível da gestão técnica de um edifício. Instruções de controlo trocadas, sondas e contadores mal parametrizados (o que leva a um registo de consumo errado, umas vezes por excesso, outras por defeito) e algoritmos de controlo ineficientes são apenas alguns dos exemplos de má gestão técnica que a empresa está habituada a encontrar. [29] Devido a esse aspeto, é importante fazer auditorias aos edifícios e explorar as melhores soluções a nível da eficiência energética do mesmo.

Para isso, foi discutida inicialmente uma abordagem ao tema por parte do diretor da empresa onde ocorreu o estágio, juntamente com um dos colaboradores com mais influência na mesma. Esta abordagem ficou dividida em 4 partes, cujas designações são: serviços, controlo, *Management & Verification* e, por último, otimização da situação atual. Estes temas vão ser abordados de seguida ao longo deste capítulo, juntamente com as respetivas ramificações de cada um deles.

### 4.1 - Serviços

Para melhorar a eficiência energética de um edifício é preciso definir os serviços do mesmo e depois proceder ao seu registo. Os serviços dividem-se em 4 ramos:

- Cenários – São dados nomes aos vários cenários do edifício e faz-se uma breve descrição do mesmo.
- Conceito – É feita uma descrição do controlo que vai ser implementado em cada um dos cenários.
- Eventos – É apresentado o horário de funcionamento do edifício em questão. Faz-se a ligação horária a cada um dos cenários. Cada cenário pode aparecer mais que uma vez no decorrer do horário e a horas diferentes. Habitualmente faz-se um horário em

separado para os dias da semana e outro para o fim de semana. Também é costume fazer-se uma separação ao nível de zonas do edifício.

- KPI's – por outras palavras, *Key Performance Indicator*, em português Indicador Chave de Desempenho, onde se dão valores concretos às variáveis. Por exemplo: KPI da temperatura máxima da sala = 26 °C.

Depois de se ter os serviços registados, estes são apresentados ao diretor do edifício ou ao responsável na área em questão a fim de serem validados ou não.

## 4.2 - Controlo

O controlo está diretamente ligado aos serviços, pois é o controlo que garante que os serviços estão a ser empregues de maneira eficaz no edifício. O controlo é feito em relação a cada um dos equipamentos AVAC (vai ser dada mais importância a este sistema na presente dissertação) em que cada um terá em conta diferentes parâmetros tais como: o horário de habilitação de um certo equipamento e a definição de *set-points* que levam, por exemplo, ao arranque, ou até paragem, de um determinado equipamento.

## 4.3 - *Management & Verification*

*Managemet & Verification*, mais usualmente denominado como M&V, ou em português, Monitorização e Verificação, monitoriza, verifica e fornece um relatório dos sistemas ou de um determinado equipamento específico. Este relatório pode ser gerado de forma automática.

Aqui também são definidos vários tipos de alarmes que podem dar informações a nível de consumos (se algum equipamento estiver a consumir mais do que é suposto) ou então ao nível do funcionamento (no caso de algum equipamento se encontrar em funcionamento a uma hora em que não é necessário, como por exemplo, uma UTA funcionar no horário de fecho de um *shopping*).

## 4.4 - Equipa de gestão de energia

Depois de se estabelecer todos os parâmetros acima, é necessário definir uma equipa de gestão de energia. Esta equipa será constituída por vários elementos com responsabilidades variadas, responsabilidades estas descritas adiante, cujo principal objetivo é a implementação

efetiva das atividades do sistema de energia e a obtenção de melhorias do desempenho energético. [30]

Uma equipa de gestão de energia pode ser definida de maneira genérica como se encontra apresentado na Figura 25. No entanto, há que salientar que dependendo da dimensão do edifício em questão, esta equipa poderá ter mais cargos e consequentemente mais pessoas envolvidas na mesma.



Figura 25 – Hierarquia de uma equipa de gestão de energia genérica.

Desenvolvendo agora cada um destes papéis e começando pelo administrador, este é responsável pelas seguintes funções:

- Definir, estabelecer, implementar e manter uma política energética;
- Designar um líder de equipa e aprovar a formação de uma equipa de gestão de energia;
- Providenciar recursos necessários, tanto financeiros e humanos, ao desenvolvimento e implementação da política de gestão de energia;
- Comunicar a importância da gestão de energia a todos os departamentos da organização.

De seguida, vem a posição do líder da equipa. Este é o responsável geral pela conservação da energia e aquele que cria condições favoráveis à melhoria da eficiência energética do edifício, sem comprometer o conforto e a segurança dos ocupantes. Por isso mesmo é o elemento da equipa que sabe onde a energia é consumida e os respetivos custos. Para além disso, é também responsável por:

- Reportar os consumos ao administrador;

- Desenvolver e implementar a política de gestão de energia juntamente com o administrador;
- Comunicar todas as decisões feitas ao administrador;
- Avaliar o sucesso das medidas implementadas;
- Melhorar as medidas implementadas;
- Planear ações de formação;
- Possuir conhecimento das normas e da legislação;
- Criar uma equipa para o auxiliar.

Falando agora dos especialistas dos sistemas, estes são responsáveis por cada um dos sistemas energéticos que o edifício em questão possui. As responsabilidades destes são as seguintes:

- Auxiliar o líder de equipa, contribuindo com o seu conhecimento na apresentação de soluções que poderão resultar na poupança dos consumos dos respetivos sistemas;
- Criar as estratégias de controlo definidas em 4.2, com o objetivo de otimizar o funcionamento dos equipamentos envolvidos;
- Detetar e apresentar soluções quando houver problemas nos equipamentos;
- Usufriur da máxima eficiência dos equipamentos sempre que possível;
- Partilhar do interesse e motivação para o alcance dos objetivos.

Os especialistas do M&V são os técnicos responsáveis pela monitorização e verificação dos consumos dos vários equipamentos, tal como o nome indica. Tem como funções as seguintes:

- Avaliar o consumo energético dos vários sistemas e respetivos equipamentos;
- Criar um sistema de alarmes fiável como definido em 4.3;
- Fazer uma verificação constante nos vários equipamentos para o caso de haver problemas nos mesmos e reportá-los.
- Partilhar do interesse e motivação para o alcance dos objetivos.

Por fim, tem-se a equipa de manutenção e reparação que será então responsável pelo correto funcionamento de todos os equipamentos, limpeza e reparação quando necessário.



## **4.5 - Otimização da situação actual**

Este último capítulo terá de ser feito quando as soluções apresentadas nos 3 primeiros sub-capítulos presentes no capítulo 4 forem implementadas num edifício durante o tempo suficiente para se obter resultados e proceder-se posteriormente à retificação e/ou melhoramento dessas mesmas soluções.



## 5 - Caso de estudo - *Shopping*

### 5.1 - Caracterização do edifício

Depois de definida a metodologia a seguir no desenvolvimento da presente dissertação, foi dado um caso prático para aplicar o conhecimento adquirido ao longo do estágio na empresa Edifícios Saudáveis.

Para isso, foram feitas duas auditorias com um engenheiro da empresa a um *shopping* situado na zona norte do país. Este *shopping* é, obviamente, cliente da Edifícios Saudáveis. O centro comercial em estudo já tem quase 20 anos, pois foi fundado em 1996. Entretanto, já foi alvo de duas remodelações, tendo sido a primeira em 2006 com a criação do *food-court* no 2º piso e a segunda, em 2008, que resultou na expansão do 1º piso. Estas duas expansões encontram-se retratadas no anexo C.

No entanto, antes de se fazerem auditorias no terreno, foi feito muito trabalho de escritório. Inicialmente, foi dada uma pasta com toda a informação relacionada com o *shopping* em questão. Contudo, essa mesma pasta continha demasiada informação que não era necessária, para além de documentos repetidos, fora da pasta correta e ainda nomes de ficheiro que não se relacionavam com o seu conteúdo. Por isso, a partir de uma pasta com cerca de 800 ficheiros, a informação foi avaliada e filtrada resultando numa pasta com apenas 150 ficheiros cuja informação era relevante para o desenvolvimento da dissertação.

De seguida foi feito um zonamento aos vários pisos constituintes do *shopping*. A título de exemplo pode-se ver na Figura 26, uma imagem do piso 2 do edifício, onde foi necessário medir as zonas do *mall* (a laranja-claro na imagem) e do *food-court* (a laranja-escuro), pois iria ser necessário saber as suas dimensões por causa da ventilação das duas zonas (visto que sofrem tratamentos diferentes como será verificado mais adiante).

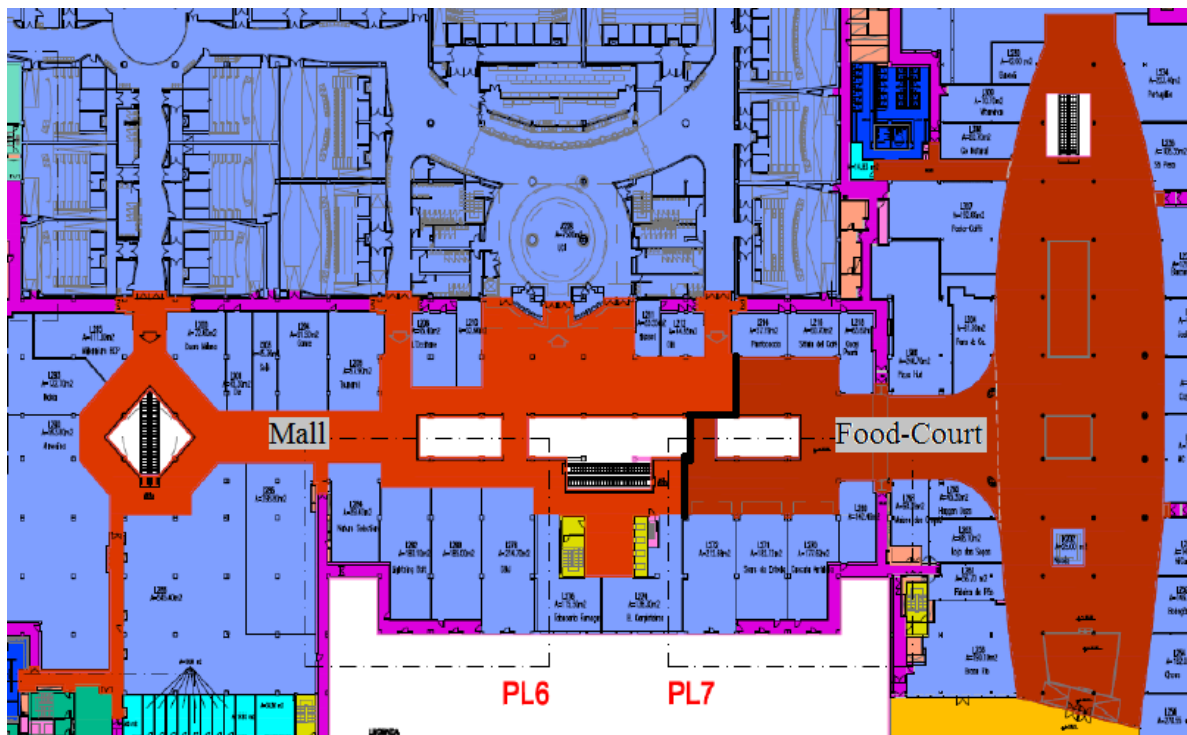


Figura 26 – Zonamento do piso 2 do shopping.

O zonamento dos restantes pisos poderá ser visualizado na zona dos anexos, mais propriamente no anexo D.

De seguida são apresentadas na Tabela 4 as medidas retiradas a partir do zonamento do *shopping*. É importante referir que no zonamento só estão presentes as medidas das zonas do *mall* e do *food-court* e não das lojas, pois a climatização nas lojas é feita pelos respetivos lojistas e por isso não requer avaliação nem é levada em consideração.

Tabela 4 – Áreas do *mall* e do *food-court* do *shopping*.

Zona		Área [m <sup>2</sup> ]
Mall piso 0	Com vazados	4.269
	Sem vazados	3.299
Mall piso 1	Com vazados	5.174
	Sem vazados	4.151
Mall piso 2	Com vazados	2.213
	Sem vazados	1.784
Food-Court Piso 2	Com vazados	2.982
	Sem vazados	2.826
Total (com vazados)		<b>14.638</b>

Estes cerca de 15.000 m<sup>2</sup> referem-se apenas ao *mall* e ao *food-court* do *shopping* em questão, pois no total este tem cerca de 60.000 m<sup>2</sup> de área bruta.

Um dos aspetos que também foi tido em conta, foi o zonamento a nível da ventilação, ou seja, as zonas afetadas por uma determinada UTA/UTAN. Na Figura 27 pode ser observada a zona servida pelas UTA's/UTAN's, que se encontram destacadas, no piso 0 do *shopping*.

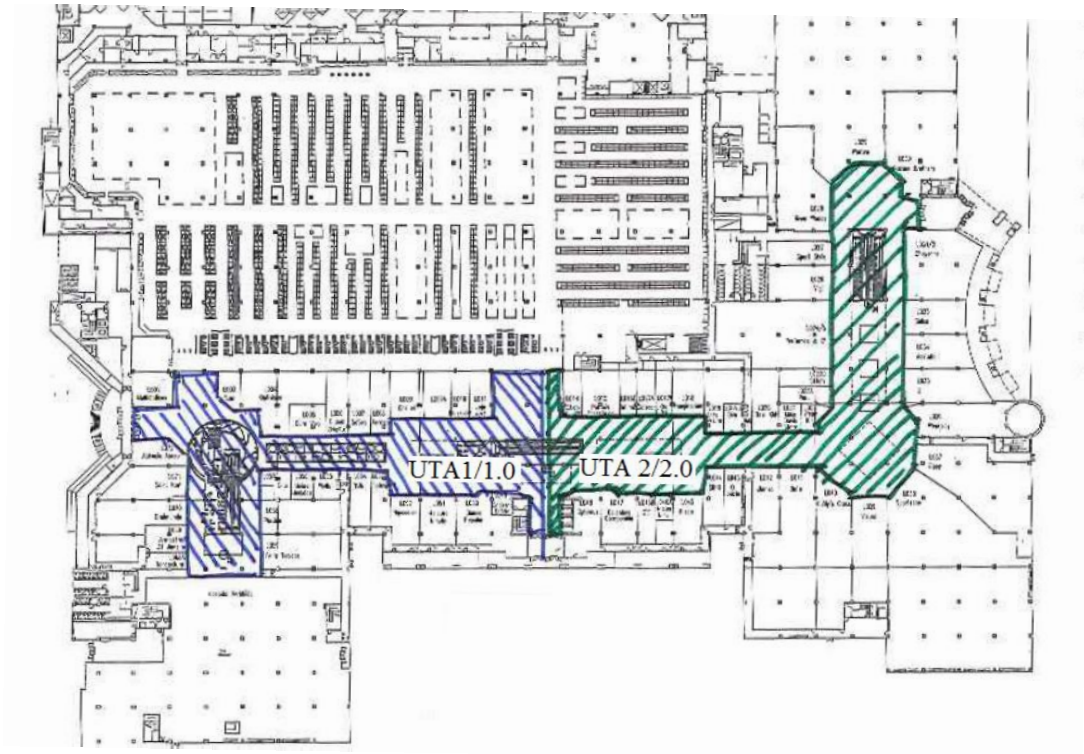
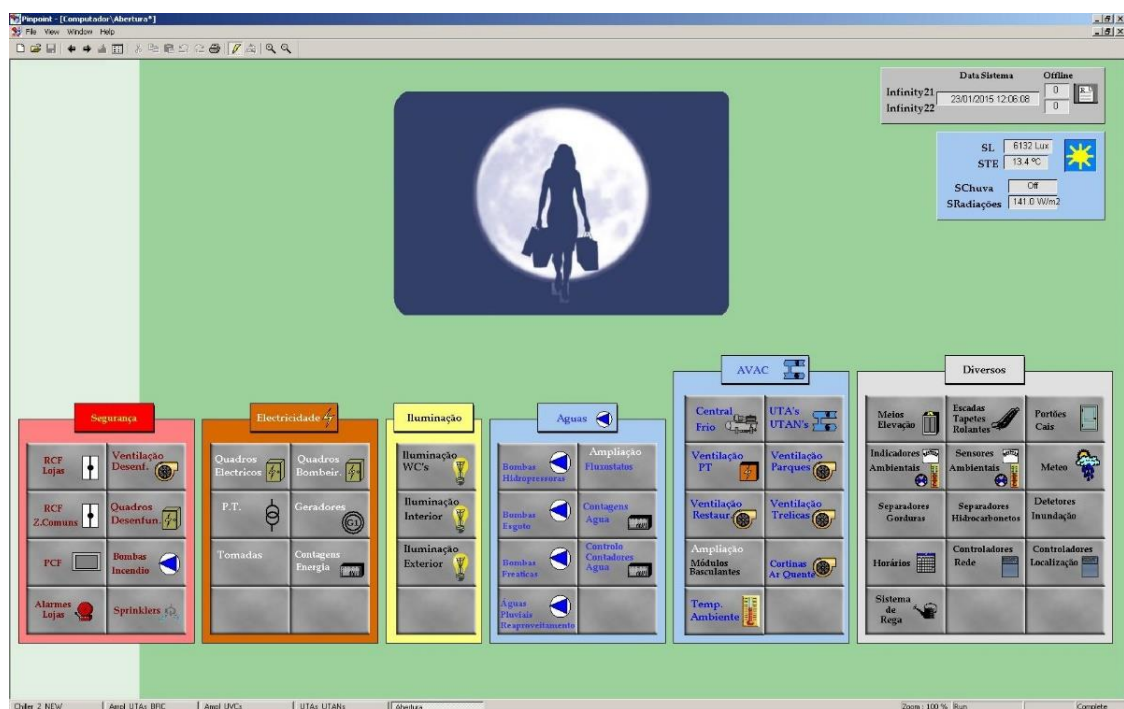


Figura 27 – Zona de influência de duas UTA's no piso 0 do *shopping*.

No anexo E é então possível ver as zonas de influência das restantes UTA's/UTAN's nos pisos 1 e 2.

Durante as visitas feitas ao *shopping* foi possível recolher dados da GTC – Gestão Técnica Centralizada – relativamente às UTA's/UTAN's para futura avaliação. Na Figura 28 pode ser visto o painel principal da GTC do *shopping* em questão.

Figura 28 – GTC do *shopping*.

## 5.2 - Equipamento instalado

A nível do sistema de AVAC, este *shopping* está dividido em duas zonas, denominadas de Central Térmica 1 e Central Térmica 2. Dentro dessas centrais existem inúmeros equipamentos, entre eles *chillers*, torres de arrefecimento, bombas primárias, bombas secundárias, bombas de condensação e bancos de gelo. No anexo F encontram-se várias plantas do esquema de princípio de água gelada onde se consegue ver as diferentes zonas térmicas e os respetivos equipamentos. No anexo G encontram-se tabelas com a informação relativa aos vários equipamentos utilizados no *shopping* em estudo.

## 5.3 - Serviços

Nesta secção apresentam-se descritos os serviços pensados especificamente para o *shopping* do presente caso de estudo. Visto que a grande maioria dos serviços atualmente definidos para o *shopping* são manuais, a ideia principal deste capítulo será então tentar automatizar os serviços da maneira mais eficiente possível. Claro que depois de aplicadas estas acções, será necessário um acompanhamento constante e se necessário um futuro melhoramento dos serviços aqui definidos.

Como foi dito no capítulo 4.1, os serviços estão divididos em 4 partes. Por isso, em primeiro lugar, foram definidos os cenários para os dois casos mais importantes no sistema

AVAC, ou seja, para o ar (que está relacionado com o funcionamento das UTA's e UTAN's) e para a água (que envolve principalmente os *chillers*). Mostrando primeiro o caso do ar, na Tabela 5, tem-se:

Tabela 5 – Cenários dos serviços a nível do ar.

Designação	Descrição
Conforto (Mall)	Temperatura e níveis de qualidade do ar não deverão exceder os limites superiores estipulados para a zona de conforto.
Flush-Out (Mall)	Habilitação do funcionamento do sistema de ventilação fora do horário de abertura ao público para fins de eficiência energética e melhoria da qualidade do ar interior no momento de abertura ao público. Temperatura interior não deverá ser inferior a um valor mínimo (abaixo da zona de conforto), de forma a evitar o desconforto severo fora do horário de abertura ao público (ex. equipa de limpeza) e minimizar a probabilidade de que o <i>mall</i> se encontre excessivamente frio no momento da abertura ao público.
Flush-Out (Lojas)	Habilitação do funcionamento do sistema de ventilação fora do horário abertura ao público com o objetivo de melhorar a qualidade do ar interior. Tempo de funcionamento limitado a 30 min (no final do período tarifário de supervazio, preferencialmente) para minimizar a probabilidade de sub-arrefecimento das lojas.
Ventilação (Lojas)	Habilitação do fornecimento de ar exterior às lojas. Temperatura de insuflação do ar de renovação sujeita a limites mínimos e máximos.
Free-Floating (Lojas)	Temperatura e qualidade do ar interior sem controlo.

De seguida, na Tabela 6, são mostrados os cenários no caso da água.

Tabela 6 – Cenários dos serviços no caso da água.

Designação	Descrição
Conforto	Temperatura de distribuição da água gelada não deverá exceder os limites superiores estipulados para a zona de conforto. Caudal de água gelada não deverá ser inferior ao definido para a zona de conforto.
Gelo	Equipamentos associados ao carregamento de bancos de gelo (CT1) habilitados a funcionar. Distribuição de água gelada desabilitada.
Off	Sistema de produção e distribuição de água gelada desabilitado.

Agora, considerando os conceitos de controlo para cada um dos cenários, pode-se analisar a Tabela 7, apresentada de seguida.

Tabela 7 – Conceito de controlo no caso do ar.

Cenário	Descrição
Conforto (Mall)	<p><u>Optimum Start &amp; Stop (OSS)</u>: as unidades de tratamento de ar deverão arrancar se houver risco de desconforto térmico (arranque em <u>Modo Temperatura</u>) e/ou de má qualidade do ar interior (arranque em <u>Modo QAI</u>) e devem parar assim que esse risco desapareça.</p> <p><u>Modo Temperatura</u>: As unidades de tratamento de ar serão controladas para insuflar à temperatura de insuflação mínima compatível com o conforto (T_INS_MINconf), para reduzir rapidamente a temperatura interior e dessa forma minimizar o tempo de funcionamento dos ventiladores. Este modo será inibido se não for possível manter a temperatura de insuflação igual ou superior a T_INS_INconf (temperatura abaixo da qual o risco de desconforto por correntes de ar frio aumenta de forma inaceitável). Nestas circunstâncias, deverá ser gerado um alarme na GTC.</p> <p><u>Modo QAI</u>: As unidades de tratamento de ar serão controladas de forma a maximizar o caudal de ar exterior (para reduzir rapidamente a concentração de CO<sub>2</sub> ou CO e dessa forma minimizar o tempo de funcionamento dos ventiladores) mas sem comprometer o conforto térmico. Independentemente dos níveis de CO<sub>2</sub>, este modo será desabilitado se a temperatura interior for inferior a T_INT_MINconf ou se a temperatura de insuflação for inferior a T_INS_MINconf. Nestas circunstâncias, deverá ser gerado um alarme na GTC.</p>
Flush-Out (Mall)	<p>As unidades de tratamento de ar deverão funcionar apenas se:</p> <p>A temperatura exterior for inferior a T_EXT_FLUSHOUT e se a temperatura interior não for inferior a T_INT_MINflushout;</p> <p>Se os níveis de CO<sub>2</sub> ou CO forem superiores a CO2_MAXflushout ou CO_MAXflushout.</p>
Flush-Out (Lojas)	As unidades deverão funcionar durante 30 minutos no final do período tarifário de supervazio.
Ventilação (Lojas)	<p><u>CO<sub>2</sub> Alto</u>: Independentemente do período tarifário, as unidades de tratamento de ar novo deverão ser ligadas sempre que os níveis de CO<sub>2</sub> no mall excederem o valor de ALTO_CO2 (é assumido que há uma forte correlação entre ocupação no mall e nas lojas) e parar quando a condição de ALTO_CO2 deixar de ocorrer.</p> <p><u>Pulse Ventilation</u>: Fora do período tarifário de ponta as unidades de tratamento de ar novo deverão funcionar de forma intermitente em intervalos de tempo estabelecidos. O objetivo é promover a diluição de poluentes não medidos.</p>
Free-Floating (Lojas)	Unidades de tratamento de ar e unidades de tratamento de ar novo desabilitadas (temperatura e qualidade do ar interior sem controlo).

Na Tabela 8 são apresentados os conceitos de controlo dos cenários para o caso da água.



Tabela 8 – Conceito de controlo no caso da água.

Designação	Descrição
Conforto	<p><u>Temperatura de produção de água gelada:</u> <i>set-point</i> dinâmico em função da temperatura exterior, sujeito a limites absolutos máximo e mínimo.</p> <p><u>Temperatura máxima de distribuição de água gelada:</u></p> <p><u>período tarifário de ponta:</u> flutuante (função da taxa de descarregamento dos bancos de gelo);</p> <p><u>restantes períodos:</u> limite dinâmico em função da temperatura exterior (acima deste limite, o arranque do(s) <i>chiller</i>(s) em modo de produção de água gelada é habilitado).</p> <p><u>Caudal de distribuição de água gelada:</u></p> <p><u>circuitos que alimentam exclusivamente UTAs e UTANs:</u> sem caudal sempre que a temperatura exterior permite que as necessidades de arrefecimento sejam integralmente supridas com recurso ao <i>free-cooling</i>. Sempre que tal condição não se verifica, o caudal de água gelada será ajustado em função da temperatura exterior (VSD);</p> <p><u>circuitos que alimentam exclusivamente ventiloconvectores de lojas:</u> caudal ajustado em função da temperatura exterior (VSD).</p>
Gelo	<p><u>Temperatura de distribuição de água gelada:</u> <i>free-floating</i>.</p> <p><u>Caudal de distribuição de água gelada:</u> zero.</p> <p><u>Temperatura de produção em modo do gelo:</u> constante.</p>
Off	<p><u>Temperatura de distribuição de água gelada:</u> <i>free-floating</i>.</p> <p><u>Caudal de distribuição de água gelada:</u> <i>free-floating</i></p> <p><u>Temperatura de produção em modo do gelo:</u> Não aplicável.</p>

Posto isto, avança-se para a atribuição de horários aos cenários referidos acima. Isso pode ser verificado na Tabela 9, tendo em conta que o horário de abertura do *shopping* se situa entre as 09h00 e as 00h00 (exceto cinemas que funcionam até às 04h00).

Tabela 9 – Eventos do ar.

Hora	Evento	Mall	Food-Court	Lojas
		Cenário		
00:00	Fecho da restauração	Free-Floating 00:00h - 04:00h	Free-Floating 00:00h - 04:00h	Free-Floating 00:00h - 05:30h
00:45	Início da última sessão de cinema			
01:00	Fecho dos parques de estacionamento			
02:00				
03:00				
04:00	Cinemas OFF	Flush-Out 04:00h - 07:00h	Flush-Out 04:00h - 07:00h	Flush-Out 05:30h - 06:00h
05:00				
05:30				
06:00		Free-Floating 07:00h - 09:30h	Free-Floating 09:00h - 09:30h	Free-Floating 06:00h - 09:30h
07:00	Abertura de lojas (Hospital, Ginásio) e parques de estacionamento			
08:00				
08:30				
09:00	Abertura do centro ao público, loja do cidadão, hipermercado e parte da restauração	Conforto 09:30h - 22:30h	Conforto 09:30h - 23:30h	Ventilação 09:30h - 23:30h
09:30				
10:00	Abertura de lojas			
22:30		Free-Floating 22:30h-24:00h	Free-Floating 23:30h-24:00h	Free-Floating 23:30h-24:00h
23:00	Fecho das lojas excepto restauração/cinemas			
23:30				

Passando para o caso da água, na Tabela 10 apresentam-se os respetivos eventos.

Tabela 10 – Eventos da água.

Hora	Evento	Mall	Food-Court	Lojas
		Cenário		
00:00	Fecho da restauração	Gelo 00:00h - 07:00		
00:45	Início da última sessão de cinema			
01:00	Fecho dos parques de estacionamento			
02:00				
03:00				
04:00	Cinemas OFF			
05:00				
05:30				
06:00				
07:00	Abertura de lojas (Hospital, Ginásio) e parques de estacionamento	OFF 07:00h - 09:30h		
08:00				
08:30				
09:00	Abertura centro ao público, loja do cidadão, hipermercado e alguma restauração			
09:30		Conforto 09:30h - 22:30h	Conforto 09:30h - 23:30h	Conforto 09:30h - 23:30h
10:00	Abertura de lojas			
22:30		OFF 22:30h-24:00h	OFF 23:30h-24:00h	OFF 23:30h-24:00h
23:00	Fecho de lojas excepto restauração/cinemas			
23:30				

Com os eventos definidos fica a faltar estabelecer o último ponto dos serviços (KPI's), que se pode verificar nas Tabela 11 e Tabela 12 para o caso do ar.

Tabela 11 – KPI's do ar.

Cenário	KPI	Descrição	Valor
Conforto (Mall)	T_INT_MAXconf	Temperatura interior máxima.	Temperatura ótima (devolvida pelo modelo de conforto adaptativo EN 15251) + 1,25°C, sujeito a limites absolutos mínimos e máximos de 23°C e 26°C, respectivamente.
	T_INT_MINconf	Temperatura interior mínima, abaixo da qual as unidades de tratamento de ar terão o seu funcionamento inibido para evitar desconforto térmico, independentemente da qualidade do ar interior. Caso se registem problemas de qualidade do ar na condição de inibição de funcionamento deverá ser gerado um alarme na GTC.	Temperatura ótima (devolvida pelo modelo de conforto adaptativo EN 15251) – 1,25°C, sujeito a limites absolutos mínimos e máximos de 19°C e 22°C, respectivamente.
	T_INS_MINconf	Temperatura de insuflação mínima no <i>mall</i> , abaixo da qual as unidades de tratamento de ar terão o funcionamento inibido para evitar desconforto térmico por corrente de ar frio, independentemente da qualidade do ar interior. Caso se registem problemas de qualidade do ar na condição de inibição de funcionamento deverá ser gerado um alarme na GTC.	14°C (poderia ser o menor valor de entre T_INT - $\Delta t_{\text{projecto}}$ e 14°C. Por questões de simplificação optou-se por 14°C). Valor a ajustar em função da experiência.
	MAX_CO2	Níveis máximos de CO <sub>2</sub> de acordo com as melhores práticas e regulamentação. As UTA's devem ser controladas para manter os níveis de CO <sub>2</sub> abaixo deste limite. Sempre que tal não for possível (devido a temperaturas interiores e/ou de insuflação excessivamente baixas), deverá ser gerado um alarme na GTC.	1.150 ppm
	MAX_CO	Níveis máximos de CO de acordo com as melhores práticas e regulamentação. As UTA's devem ser controladas para manter os níveis de CO abaixo deste limite. Sempre que tal não for possível (devido a temperaturas interiores e/ou de insuflação excessivamente baixas), deverá ser gerado um alarme na GTC.	6 ppm
	SERVIÇOS MINIMOSconf	Para além do CO <sub>2</sub> e CO há outros poluentes que não podem ser monitorizados de forma contínua nem se relacionam com estes (por exemplo, C <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub> que se encontra em produtos de limpeza ou de lavagem a seco). O controlo das unidades de tratamento de ar deve ter em conta este aspeto mesmo quando os níveis de CO e CO <sub>2</sub> estão abaixo do máximo.	A ajustar em função da experiência adquirida.
Flush-Out (Lojas)	T_EXTflushout	Temperatura exterior a partir da qual o funcionamento das unidades de ar são habilitadas no final do período tarifário de supervazio, para efeitos de eficiência energética.	T INT - 5°C A ajustar em função da experiência adquirida.

Tabela 12 – KPI's do ar (continuação).

Cenário	KPI	Descrição	Valor
Flush-Out (Mall)	T_EXTflushout	Temperatura exterior a partir da qual o funcionamento das unidades de ar é habilitado fora do horário de abertura ao público para efeitos de eficiência energética (arrefecimento noturno com ar exterior).	T INT - 5°C. A ajustar em função da experiência adquirida.
	T_INT_MINflushout	Temperatura mínima durante o horário de fecho ao público, abaixo da qual o <i>flush-out</i> é inibido de forma a evitar desconforto térmico severo neste período (à equipa de limpeza) e que a temperatura seja inferior a T_INT_MINconf no momento da abertura ao público.	T_INT_MINconf -3°C
	CO2_MAXflushout	Concentração máxima de CO <sub>2</sub> que deverá ativar o <i>flush-out</i> para diluição de poluentes. O objetivo é minimizar a probabilidade das unidades arrancarem em modo QAI pouco tempo após a abertura ao público (período em que a tarifa é mais cara).	850 ppm
	CO_MAXflushout	Concentração máxima de CO que deverá ativar o <i>flush-out</i> para diluição de poluentes. O objetivo é minimizar a probabilidade das unidades arrancarem em modo QAI pouco tempo após a abertura ao público (período em que a tarifa é mais cara).	4 ppm
Ventilação (Lojas)	CO2_ALTO	Níveis de CO <sub>2</sub> que indiciam elevada ocupação. Sempre que os níveis de CO <sub>2</sub> no <i>mall</i> se encontram abaixo deste limite, as UTAN's podem funcionar num regime intermitente ( <i>Pulse Ventilation</i> ).  Não aplicável a lojas com requisitos de ventilação especiais (lavandarias e perfumarias, por exemplo).	850 ppm
	T_INS_MINvent	Temperatura de insuflação mínima nas lojas, abaixo da qual as unidades de tratamento de ar terão o funcionamento inibido para evitar desconforto térmico (independentemente da qualidade do ar interior).	15°C
	T_INS_MAXvent	Temperatura de insuflação máxima nas lojas, para evitar o aumento da carga térmica devido ao ar exterior (o que pode levar a situações de sobreaquecimento).	26°C
	Pulse_ON_Time	Percentagem de tempo que as unidades de tratamento de ar permanecem ligadas fora do período tarifário de ponta.	30%
	SERVIÇOS MINIMOSconf	Para além do CO <sub>2</sub> e CO há outros poluentes que não podem ser monitorizados de forma contínua nem se relacionam com estes (C <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub> , por exemplo).  O controlo das unidades de tratamento de ar deve ter em conta este aspeto mesmo quando os níveis de CO e CO <sub>2</sub> estão abaixo do máximo.	UTAN 1 (serve, entre outras lojas, a lavandaria '5 à sec' e a loja de animais 'Ornimundo'); UTAN 2 (serve, entre outras lojas, as perfumarias 'Equivalenza' e 'Perfumes&Companhia' e o cabeleireiro 'Inês Pereira'); UTAN 8 (serve, entre outras lojas, a perfumaria 'Douglas')

Nas Tabela 13 e Tabela 14 mostram-se os KPI's da água.

Tabela 13 – KPI's da água.

Cenário	KPI	Descrição	Valor
Conforto	T_DIST_AG_MAX_CONF	Temperatura de distribuição que origina o arranque dos <i>chillers</i> em modo de produção de água gelada, fora do período tarifário de ponta.	<u>15°C</u> , Se T_EXT < 20°C; <u>rampa entre 15°C e 10°C</u> se T_EXT se situar entre 20°C e 30°C; <u>10°C</u> , Se T_EXT > 30°C; A ajustar em função da experiência.
	T_PROD_CH_AG	Temperatura de produção de água gelada dos <i>chillers</i> .	<u>7°C</u> se T_EXT igual ou superior a 27°C; <u>12°C</u> se T_EXT igual ou inferior a 16°C; <u>rampa entre 7 e 12°C</u> para T_EXT entre 16°C e 27°C.
	CAUDAL_AG_UTAS_CT1	Caudal de distribuição de água gelada para os circuitos de distribuição da CT1 (piso -3) que servem exclusivamente UTA's e UTAN's.	<u>0%</u> se temperatura exterior for inferior a T_EXT_DIST_UTAS (20°C) OU se temperatura interior na zona de influência do circuito de distribuição da unidade for inferior a T_INT_DIST_UTAS (T_INT_MAX - 1°C). Caso contrário: <u>50%</u> do caudal nominal se T_EXT iguais ou superiores a 20 °C e inferiores a 25°C, <u>rampa entre 50% e 100%</u> para T_EXT entre 25°C e 30°C; <u>100%</u> do caudal nominal para T_EXT igual ou superior a 30 °C. Valores a ajustar em função da experiência adquirida.
	CAUDAL_AG_UTAS_CT1	Caudal de distribuição de água gelada para os circuitos de distribuição da CT2 (piso -3) que servem exclusivamente UTA's e UTAN's.	<u>0%</u> se T_EXT inferior a T_EXT_DIST_UTAS (20°C) OU se temperatura interior na zona de influência do circuito de distribuição da unidade for inferior a T_INT_DIST_UTAS (T_INT_MAX - 1°C). Caso contrário: Controlo por pressão diferencial variável. <u>35%</u> da pressão diferencial nominal para T_EXT igual ou superior a 20 °C e inferior a 25°C; <u>rampa entre 35% e 100%</u> da pressão diferencial nominal para temperaturas exteriores entre 25°C e 30°C; <u>100%</u> da pressão diferencial nominal para T_EXT igual ou superior a 30 °C. Valores a ajustar em função da experiência adquirida.
	T_EXT_DIST_UTAS	T_EXT acima da qual as bombas de distribuição de água gelada que servem exclusivamente UTA's e UTAN's ficam habilitadas a funcionar.	20°C

Tabela 14 – KPI's da água (continuação).

Cenário	KPI	Descrição	Valor
Conforto	T_INT_DIST_UTAS	T_INT acima da qual as bombas de distribuição de água gelada que servem exclusivamente UTA's e UTAN's ficam habilitadas a funcionar.	T_INT_MAX - 1°C
	CAUDAL_AG_VC's_CT1	Caudal de distribuição de água gelada produzida para os circuitos que servem exclusivamente ventiloconvectores de lojas alimentadas pela CT1.	70% do caudal nominal para T_EXT igual ou inferior a 20°C; rampa entre 70% e 100% do caudal nominal para T_EXT entre 20°C e 30°C; 100% do caudal nominal para T_EXT igual ou superior a 30 °C.
	CAUDAL_AG_VC's_CT2	Caudal de distribuição de água gelada produzida para os circuitos que servem exclusivamente ventiloconvectores de lojas alimentadas pela CT2.	50% do caudal nominal para T_EXT igual ou inferior a 10°C; rampa entre 50% e 100% do caudal nominal para T_EXT entre 10°C e 30°C; 100% do caudal nominal para T_EXT igual ou superior a 30 °C.
	T_DIST_AG_MAX_CONF	Temperatura de distribuição que origina o arranque dos <i>chillers</i> em modo de produção de água gelada, fora do período tarifário de ponta.	16°C, se T_EXT < 20°C; rampa entre 16°C e 10°C para T_EXT entre 20°C e 30°C; 10°C, se T_EXT > 30°C ; A ajustar em função da experiência.
Gelo	T_PROD_GELO	Set-point dos <i>chillers</i> em modo de produção de gelo.	- 3,5°C
	NR_CHILLERS_GELO	Número de <i>chillers</i> habilitados em modo de produção de gelo	O carregamento dos bancos dá-se com 1 <i>chiller</i> em funcionamento. Se às 4:00h a % de carregamento dos <i>chillers</i> for inferior a 50%, arranca o 2º <i>chiller</i> (isto na CT1).
Off	-	Equipamentos das centrais térmicas desligados.	-

## 5.4 - Controlo

Seguindo uma nota técnica da empresa, foi feito o controlo para todos os equipamentos existentes nas centrais térmicas do *shopping*. Cada equipamento tem um conjunto de parâmetros de controlo. Estes parâmetros tanto podem ser comuns a vários tipos de equipamentos, assim como podem ser exclusivos para apenas um deles.

É importante relembrar que o controlo aqui definido requer também um acompanhamento constante para, caso necessário, fazer uma afinação daquilo que foi sugerido de forma a melhorar ainda mais a eficiência energética do edifício.

### 5.4.1 - Chillers

Em primeiro lugar, vão ser apresentados os parâmetros de controlo referentes aos *chillers*. Começando pelo horário de habilitação, é feita uma separação sazonal que coincide com a mudança da hora legal – horário de inverno (início no último domingo de outubro) e

horário de verão (início no último domingo de março) – pois os preços da eletricidade variam. [31] Dentro de cada dia existem variados tarifários de eletricidade, em que durante a noite a eletricidade é mais barata. Na Figura 29 e na Figura 30 pode-se visualizar a separação desses tarifários ao longo de um dia útil de inverno e de verão, respetivamente. É importante também referir que estes tarifários mudam ao fim de semana. Verifica-se essa diferenciação para os restantes dias no anexo H.

É igualmente pertinente referir que o preço da água que chega ao *shopping* é de 2,3859 €/m<sup>3</sup> (segundo Águas do Porto). [32]

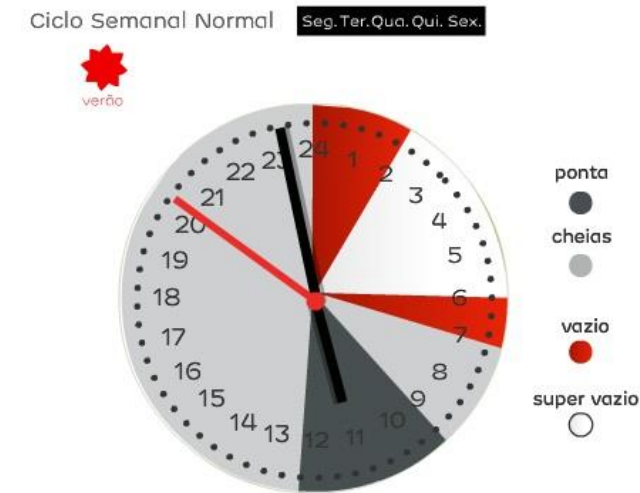
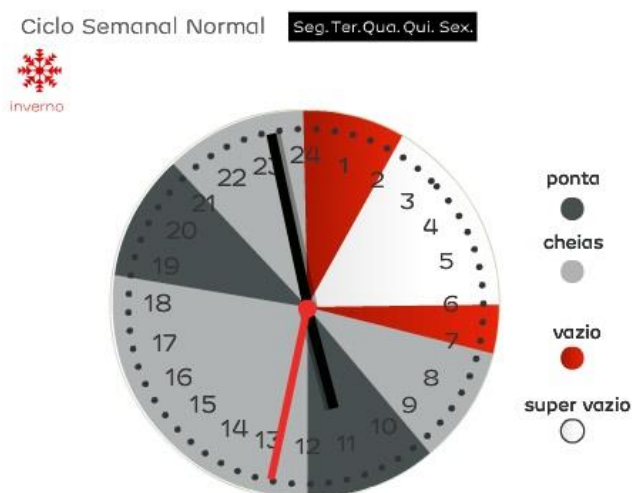


Figura 29 – Distribuição dos tarifários num dia útil de inverno.      Figura 30 – Distribuição dos tarifários num dia útil de verão.

A Tabela 15 mostra os preços referentes a cada tarifário de eletricidade.

Tabela 15 – Preços da eletricidade dos diferentes tarifários, segundo a ERSE.

	Período	Preço [€/kWh]
inverno	Ponta	0,1335
	Cheia	0,1048
	Vazio	0,0739
	Super vazio	0,0631
verão	Ponta	0,1364
	Cheia	0,1070
	Vazio	0,0765
	Super vazio	0,0703

É mostrado então na Tabela 16 o horário de habilitação de todos os *chillers* que se encontram no *shopping*, no inverno.



Tabela 16 – Horário de habilitação dos *chillers* durante o inverno.

Horário de habilitação (Inverno)		CHILLERS CT1			CHILLERS CT2		
Período	Tarifário	CH1_ID003	CH2_ID004	CH3	CH 1_ID127	CH 2_ID128	CH 2.1_ID100
00:00 - 02:00	Vazio	Habilitado	Habilitado	Avariado	Desabilitado	Desabilitado	Desabilitado
02:00 - 06:00	Super vazio	Habilitado	Habilitado	Avariado	Desabilitado	Desabilitado	Desabilitado
06:00 - 07:00	Vazio	Habilitado	Habilitado	Avariado	Desabilitado	Desabilitado	Desabilitado
07:00 - 09:30	Cheia	Desabilitado	Desabilitado	Avariado	Desabilitado	Desabilitado	Desabilitado
09:30 - 12:00	Ponta	Habilitado	Habilitado	Avariado	Habilitado	Habilitado	Habilitado
12:00 - 18:30	Cheia	Habilitado	Habilitado	Avariado	Habilitado	Habilitado	Habilitado
18:30 - 21:00	Ponta	Habilitado	Habilitado	Avariado	Habilitado	Habilitado	Habilitado
21:00 - 24:00	Cheia	Habilitado	Habilitado	Avariado	Habilitado	Habilitado	Habilitado

Idem, para o caso do verão, representado na Tabela 17.

Tabela 17 – Horário de habilitação dos *chillers* durante o verão.

Horário de habilitação (Verão)		CHILLERS CT1			CHILLERS CT2		
Período	Tarifário	CH1_ID003	CH2_ID004	CH3	CH 1_ID127	CH 2_ID128	CH 2.1_ID100
00:00 - 02:00	Vazio	Habilitado	Habilitado	Avariado	Desabilitado	Desabilitado	Desabilitado
02:00 - 06:00	Super vazio	Habilitado	Habilitado	Avariado	Desabilitado	Desabilitado	Desabilitado
06:00 - 07:00	Vazio	Habilitado	Habilitado	Avariado	Desabilitado	Desabilitado	Desabilitado
07:00 - 09:15	Cheia	Desabilitado	Desabilitado	Avariado	Desabilitado	Desabilitado	Desabilitado
09:15 - 12:15	Ponta	Habilitado	Habilitado	Avariado	Habilitado	Habilitado	Habilitado
12:15 - 24:00	Cheia	Habilitado	Habilitado	Avariado	Habilitado	Habilitado	Habilitado

Os *chillers* da CT1 têm um horário de habilitação diferente dos *chillers* da CT2, sendo essa diferença coincidente com o facto de durante a noite, os primeiros *chillers* se encontrarem habilitados. Isso acontece pois os *chillers* da CT1, durante a noite são usados para carregar os bancos de gelo. O carregamento é feito especificamente durante esse período para reduzir custos relacionados com a eletricidade.

Outro apontamento que se deve fazer consiste no facto de o *chiller* 3 da CT1 se encontrar avariado na altura da conceção da presente dissertação. Isto leva à paragem de todos os equipamentos associados a este *chiller* como se poderá verificar mais adiante.

De seguida, passando para o 2º item de controlo dos *chillers*, tem-se as rotinas de controlo automático do arranque e paragem, apresentadas na Tabela 18 e na Tabela 19. É necessário ter em conta que aqui só estão representadas as rotinas a executar no inverno e durante os dias da semana, para que a dissertação não fique demasiado extensa neste sub-capítulo.

Tabela 18 – Rotinas de controlo automático do arranque e paragem.

Equipamento	Arranque	Modo de funcionamento	Paragem	Outros equipamentos afectados	Notas
CH1_ID003 CH2_ID004	00:00	Carregamento dos bancos de gelo	07:00 Ou se bancos de gelo = 100%	TA1_ID058 B1/B1R-TA1_ID011 B1/B1R_CH1_ID005  TA2_ID058 B2/B2R-TA2_ID012 B2/B2R_CH2_ID006	Arranque encravado. Bombas e torres de arrefecimento arrancam 3 minutos antes dos <i>chillers</i> e desligam 3 minutos depois.
	09:30	Descarregamento dos bancos de gelo	12:00 ou se bancos de gelo = 0%	B3/B3R_CH1_ID007 B4/B4R_CH2_ID008 B5/B5R_CH1_ID009 B6/B6R_CH2_ID010  B3/B3R_CH1_ID007 B4/B4R_CH2_ID008 B5/B5R_CH1_ID009 B6/B6R_CH2_ID010	Bancos de gelo ligados na hora de ponta.
	09:30	Paragem dos <i>chillers</i>	12:00 ou se bancos de gelo = 0%	TA1_ID058 B1/B1R-TA1_ID011 B1/B1R_CH1_ID005  TA2_ID058 B2/B2R-TA2_ID012 B2/B2R_CH2_ID006	Evitar o funcionamento dos <i>chillers</i> na hora de ponta devido aos consumos elevados e respetivo aumento na fatura mensal.
	18:30	Descarregamento dos bancos de gelo (se bancos de gelo > 0%)	21:00 ou se bancos de gelo = 0%	B3/B3R_CH1_ID007 B4/B4R_CH2_ID008 B5/B5R_CH1_ID009 B6/B6R_CH2_ID010  B3/B3R_CH1_ID007 B4/B4R_CH2_ID008 B5/B5R_CH1_ID009 B6/B6R_CH2_ID010	Bancos de gelo ligados na hora de ponta (se ainda houver gelo).
	18:30	Paragem dos <i>chillers</i> (se bancos de gelo > 0%)	21:00 ou se bancos de gelo = 0%	TA1_ID058 B1/B1R-TA1_ID011 B1/B1R_CH1_ID005  TA2_ID058 B2/B2R-TA2_ID012 B2/B2R_CH2_ID006	Evitar o funcionamento dos <i>chillers</i> na hora de ponta devido aos consumos elevados e respetivo aumento na fatura mensal.

Tabela 19 – Rotinas de controlo automático do arranque e paragem (continuação).

Equipamento	Arranque	Modo de funcionamento	Paragem	Outros equipamentos afectados	Notas
CH1_ID003	23:30	Paragem de todos os equipamentos de produção de energia térmica	-	TA1_ID058 B1/B1R-TA1_ID011 B1/B1R_CH1_ID005 B3/B3R_CH1_ID007 B5/B5R_CH1_ID009  TA2_ID058 B2/B2R-TA2_ID012 B2/B2R_CH2_ID006 B4/B4R_CH2_ID008 B6/B6R_CH2_ID010	-
CH2_ID004	-	Temperatura de distribuição que obriga os <i>chillers</i> a arrancar em modo de produção de água gelada 15°C se Text<20°C ou 10°C se Text>30°C	-	TA1_ID058 B1/B1R-TA1_ID011 B1/B1R_CH1_ID005 B3/B3R_CH1_ID007 B5/B5R_CH1_ID009  TA2_ID058 B2/B2R-TA2_ID012 B2/B2R_CH2_ID006 B4/B4R_CH2_ID008 B6/B6R_CH2_ID010	Só acontece no horário de abertura do <i>shopping</i> , exceto na hora de ponta.
CH 1_ID127 CH 2_ID128	23:30	Paragem de todos os equipamentos de produção de energia térmica	-	BCR 2.11 BCR 2.12 BCR 2.13  BCR 1.3.1 BCR 1.3.2	-
CH 2.1_ID100	-	Temperatura de distribuição que obriga os <i>chillers</i> a arrancar em modo de produção de água gelada 15°C se Text<20°C ou 10°C se Text>30°C	-	BCR 2.11 BCR 2.12 BCR 2.13  BCR 1.3.1 BCR 1.3.2	Só acontece no horário de abertura do <i>shopping</i> , exceto na hora de ponta.

Como se pode ver nas Tabela 18 e Tabela 19 acima, o funcionamento dos *chillers* depende da central onde o mesmo se encontra situado. Há que relembrar a diferença destes *chillers* que consiste no facto dos primeiros serem do tipo água-água e os segundos do tipo ar-água.

Depois de definidas as rotinas dos *chillers*, é indispensável definir os *set-points* de produção de água fria, como se descreve na Tabela 20. Estas temperaturas têm um impacto direto na eficiência dos equipamentos. Por outras palavras, quanto mais alta for a temperatura, mais alta é a eficiência do *chiller*. No entanto, tem de se ter algum cuidado ao definir estas temperaturas, pois algumas lojas podem ter alguns requisitos mínimos a nível da temperatura

da água fria. Estes *set-points*, mesmo depois de definidos, carecem de monitorização constante de forma a que os mesmos valores sejam reajustados, com o objetivo final de se obter uma melhor eficiência energética nos equipamentos envolvidos.

Tabela 20 – *Set-points* de produção de água fria.

Equipamentos	Set-point [°C]	Função	Notas
CH1_ID003	-3,5	Quando os <i>chillers</i> estão no modo GELO (carregamento dos bancos de gelo)	só ativo entre as 00:00 e as 07:00
CH2_ID004	7	Se Text>=27°C	-
	12	Se Text<=16°C	-
	7 a 12	Se 16°C > Text > 27°C	varia de maneira linear
CH 1_ID127	7	Se Text>=27°C	-
CH 2_ID128	12	Se Text<=16°C	-
CH 2.1_ID100	7 a 12	Se 16°C > Text > 27°C	varia de maneira linear

No caso dos *chillers*, é necessário definir os critérios de sequenciação. Isto porque, muitas vezes não é requerido o funcionamento paralelo de dois ou três *chillers* pois isso leva a consumos energéticos desnecessários, para além de ir contra a ideia de eficiência energética definida ao longo da dissertação. Há então uma sequenciação simples, no caso da produção de gelo da central térmica 1. Como está definido nos serviços, o carregamento dos bancos de gelo dá-se com 1 *chiller* em funcionamento. Se às 4:00h a % de carregamento dos *chillers* for inferior a 50%, arranca o 2º *chiller*.

Por fim é preciso haver um controlo de pontas. Este controlo, tal como o nome indica, evita que haja consumos excessivos nas horas em que a eletricidade tem um preço mais elevado. Na Tabela 21 observa-se o controlo de pontas sugerido para o *shopping* em questão.

Tabela 21 – Controlo de pontas.

Equipamentos	Notas
CH1_ID003	Não necessitam de controlo de pontas pois a CT1 possui bancos de gelo (já referido nos serviços).
CH2_ID004	
CH 1_ID127	No inverno, arrefecer a água até cerca de 3°C (não pode congelar a água) 1 hora antes da hora de ponta para que não seja preciso ligar os <i>chillers</i> durante a respetiva hora de ponta, pois a água já estará gelada o suficiente.
CH 2_ID128	
CH 2.1_ID100	

### 5.4.2 - Bombas primárias

A seguir aos *chillers* vão ser analisados os parâmetros de controlo das bombas primárias, parâmetros estes que são em menor número quando comparados com os *chillers*.

Começa-se então por definir o horário de habilitação de inverno das bombas primárias, apresentado na Tabela 22.

Tabela 22 – Horário de habilitação de inverno das bombas primárias.

Horário de habilitação (Inverno)		BOMBAS PRIMÁRIAS CT1			BOMBAS PRIMÁRIAS CT2	
Período	Tarifário	B1/B1R_CH1_ID005	B2/B2R_CH2_ID006	BG 1.1/1.2 (parado)	BCR 2.11	BCR 1.3.1
00:00 - 02:00	Vazio	Habilitado	Habilitado	Desactivado	Desabilitado	Desabilitado
02:00 - 06:00	Super vazio	Habilitado	Habilitado	Desactivado	Desabilitado	Desabilitado
06:00 - 07:00	Vazio	Habilitado	Habilitado	Desactivado	Desabilitado	Desabilitado
07:00 - 09:30	Cheia	Desabilitado	Desabilitado	Desactivado	Desabilitado	Desabilitado
09:30 - 12:00	Ponta	Habilitado	Habilitado	Desactivado	Habilitado	Habilitado
12:00 - 18:30	Cheia	Habilitado	Habilitado	Desactivado	Habilitado	Habilitado
18:30 - 21:00	Ponta	Habilitado	Habilitado	Desactivado	Habilitado	Habilitado
21:00 - 24:00	Cheia	Habilitado	Habilitado	Desactivado	Habilitado	Habilitado
<b>Função</b>		Funcionamento encravado com o chiller CH1_ID003	Funcionamento encravado com o chiller CH2_ID004		Funcionamento encravado com os chillers CH 1_ID127 e CH 2_ID128	Funcionamento encravado com o chiller CH 2.1_ID100

Idem, para o caso do verão, representado na Tabela 23.

Tabela 23 – Horário de habilitação de verão das bombas primárias.

Horário de habilitação (Verão)		BOMBAS PRIMÁRIAS CT1			BOMBAS PRIMÁRIAS CT2	
Período	Tarifário	B1/B1R_CH1_ID005	B2/B2R_CH2_ID006	BG 1.1/1.2 (parado)	BCR 2.11	BCR 1.3.1
00:00 - 02:00	Vazio	Habilitado	Habilitado	Desactivado	Desabilitado	Desabilitado
02:00 - 06:00	Super vazio	Habilitado	Habilitado	Desactivado	Desabilitado	Desabilitado
06:00 - 07:00	Vazio	Habilitado	Habilitado	Desactivado	Desabilitado	Desabilitado
07:00 - 09:15	Cheia	Desabilitado	Desabilitado	Desactivado	Desabilitado	Desabilitado
09:15 - 12:15	Ponta	Habilitado	Habilitado	Desactivado	Habilitado	Habilitado
12:15 - 24:00	Cheia	Habilitado	Habilitado	Desactivado	Habilitado	Habilitado

Existem mais bombas para além das representadas nas Tabela 22 e Tabela 23, no entanto estas foram omitidas pois têm um horário de habilitação semelhante às referidas nas tabelas anteriores:

- As bombas B3/B3R\_CH1\_ID007 e B5/B5R\_CH1\_ID009 têm função igual à bomba B1/B1R\_CH1\_ID005, sendo apenas diferenciadas no facto de estarem desabilitadas entre as 00:00 e as 07:00;
- As bombas B4/B4R\_CH2\_ID008 e B6/B6R\_CH2\_ID010 têm função igual à bomba B2/B2R\_CH2\_ID006, sendo apenas diferenciadas no facto de estarem desabilitadas entre as 00:00 e as 07:00;

- As bombas BS1/BS1R e BS2/BS2R encontram-se desativadas, assim como as bombas BG 1.1 e BG 1.2 pois o *chiller* à qual estão associadas (CH3) encontra-se avariado no momento da execução do presente trabalho;
- As bombas BCR 2.12 e BCR 2.13 têm função e horário de habilitação iguais à bomba BCR 2.11;
- A bomba BCR 1.3.2 tem função e horário de habilitação iguais à bomba BCR 1.3.1.

É importante referir que cada uma das bombas arranca normalmente cerca de 3 minutos antes do *chiller* ao qual está associada e desliga 3 minutos depois do mesmo *chiller*.

Outro aspeto a controlar nas bombas primárias é referente ao caudal circulado que é de 100%, sempre que as bombas estão em funcionamento, pois estas bombas não têm variador de caudal e 0%, no caso das bombas se encontrarem desativadas.

#### 5.4.3 - Bombas de condensação

À semelhança das bombas primárias, as bombas de condensação também só têm dois parâmetros de controlo: horário de habilitação e caudal circulado.

Iniciando pelo horário de habilitação no inverno, apresentado na Tabela 24, conclui-se que o horário das bombas de condensação é semelhante ao de alguns das bombas primárias.

Tabela 24 – Horário de habilitação das bombas de condensação no inverno.

Horário de habilitação (Inverno)		BOMBAS DE CONDENSAÇÃO	
Período	Tarifário	B1/B1R-TA1_ID011	B2/B2R-TA2_ID012
00:00 - 02:00	Vazio	Habilitado	Habilitado
02:00 - 06:00	Super vazio	Habilitado	Habilitado
06:00 - 07:00	Vazio	Habilitado	Habilitado
07:00 - 09:30	Cheia	Desabilitado	Desabilitado
09:30 - 12:00	Ponta	Habilitado	Habilitado
12:00 - 18:30	Cheia	Habilitado	Habilitado
18:30 - 21:00	Ponta	Habilitado	Habilitado
21:00 - 24:00	Cheia	Habilitado	Habilitado
<b>Função</b>		Funcionamento encravado com o chiller CH1_ID003	Funcionamento encravado com o chiller CH2_ID004

Idem, para o caso do verão, representado na Tabela 25.

Tabela 25 – Horário de habilitação das bombas de condensação no verão.

Horário de habilitação (Verão)		BOMBAS DE CONDENSAÇÃO	
Período	Tarifário	B1/B1R-TA1_ID011	B2/B2R-TA2_ID012
00:00 - 02:00	Vazio	Habilitado	Habilitado
02:00 - 06:00	Super vazio	Habilitado	Habilitado
06:00 - 07:00	Vazio	Habilitado	Habilitado
07:00 - 09:15	Cheia	Desabilitado	Desabilitado
09:15 - 12:15	Ponta	Habilitado	Habilitado
12:15 - 24:00	Cheia	Habilitado	Habilitado

Tal como o verificado para as bombas primárias, as bombas de condensação arrancam cerca de 3 minutos antes do *chiller* ao qual estão associadas e desligam 3 minutos depois do mesmo *chiller*.

O outro aspeto a controlar nas bombas de condensação refere-se ao caudal circulado que é sempre 100%, pois estas bombas também não têm variador de caudal.

#### 5.4.4 - Torres de arrefecimento

As torres de arrefecimento são equipamentos mais complexos ao nível do controlo quando comparados com os dois equipamentos anteriores, mas não tão complexos quanto os *chillers*.

Vai começar-se então por observar o horário de habilitação das torres de arrefecimento, na Tabela 26.

Tabela 26 – Horário de habilitação das torres de arrefecimento no inverno.

Horário de habilitação (Inverno)		TORRES DE ARREFECIMENTO	
Período	Tarifário	TA1_ID058	TA2_ID058
00:00 - 02:00	Vazio	Habilitado	Habilitado
02:00 - 06:00	Super vazio	Habilitado	Habilitado
06:00 - 07:00	Vazio	Habilitado	Habilitado
07:00 - 09:30	Cheia	Desabilitado	Desabilitado
09:30 - 12:00	Ponta	Habilitado	Habilitado
12:00 - 18:30	Cheia	Habilitado	Habilitado
18:30 - 21:00	Ponta	Habilitado	Habilitado
21:00 - 24:00	Cheia	Habilitado	Habilitado
<b>Função</b>		Funcionamento encravado com o chiller CH1_ID003	Funcionamento encravado com o chiller CH2_ID004

Idem, para o caso do verão, representado na Tabela 27.

Tabela 27 – Horário de habilitação das torres de arrefecimento no verão.

Horário de habilitação (Verão)		TORRES DE ARREFECIMENTO	
Período	Tarifário	TA1_ID058	TA2_ID058
00:00 - 02:00	Vazio	Habilitado	Habilitado
02:00 - 06:00	Super vazio	Habilitado	Habilitado
06:00 - 07:00	Vazio	Habilitado	Habilitado
07:00 - 09:15	Cheia	Desabilitado	Desabilitado
09:15 - 12:15	Ponta	Habilitado	Habilitado
12:15 - 24:00	Cheia	Habilitado	Habilitado

O funcionamento das torres de arrefecimento é determinado pela diferença entre a temperatura da água à saída da torre e o respetivo *set-point*. Quanto mais baixo for esse *set-point*, maior será o consumo dos ventiladores e consequentemente pior será a eficiência da torre de arrefecimento. Por causa disso, a definição do *set-point* é um tema que requer conhecimento técnico especializado ao qual está associado uma abordagem do tipo tentativa-erro. Caso não se possa fazer a abordagem referida acima, recomenda-se a implementação do *set-point* de projeto.



Tabela 28 – *Set-points* das torres de arrefecimento.

<b>Set-point [°C]</b>	<b>Notas</b>
20	Para $T_{\text{bolbo húmido}} < 10^{\circ}\text{C}$
29	Para $T_{\text{bolbo húmido}} > 24^{\circ}\text{C}$
De 20 a 29	Rampa linear entre $10^{\circ}\text{C}$ e $24^{\circ}\text{C}$

O parâmetro seguinte a ter em conta é a sequência de arranque (e de paragem) das torres de arrefecimento. Quando estão instaladas duas ou mais torres de arrefecimento (no presente caso prático estão instaladas duas) é favorável o funcionamento em paralelo das mesmas. No entanto, como as torres de arrefecimento do *shopping* em questão estão ligadas a *chillers* específicos, estas arrancam quando os respetivos *chillers* arrancam.

#### 5.4.5 - Bombas secundárias

Considerando agora as bombas secundárias, o seu horário de habilitação no inverno encontra-se representado na Tabela 29.

Tabela 29 – Horário de habilitação das bombas secundárias no inverno.

<b>Horário de habilitação (Inverno)</b>		<b>BOMBAS SECUNDÁRIAS CT1</b>		<b>BOMBAS SECUNDÁRIAS CT2</b>	
<b>Período</b>	<b>Tarifário</b>	<b>B1-A/AR</b>	<b>B1/R-A/AR_ID133</b>	<b>BCR 2.2.1.1/2_ID129</b>	<b>BCR 2.2.2.1/2_ID130</b>
00:00 - 02:00	Vazio	Desabilitado	Desabilitado	Desabilitado	Desabilitado
02:00 - 06:00	Super vazio	Desabilitado	Desabilitado	Desabilitado	Desabilitado
06:00 - 07:00	Vazio	Desabilitado	Desabilitado	Desabilitado	Desabilitado
07:00 - 09:30	Cheia	Desabilitado	Desabilitado	Desabilitado	Desabilitado
09:30 - 12:00	Ponta	Habilitado	Habilitado	Habilitado	Habilitado
12:00 - 18:30	Cheia	Habilitado	Habilitado	Habilitado	Habilitado
18:30 - 21:00	Ponta	Habilitado	Habilitado	Habilitado	Habilitado
21:00 - 24:00	Cheia	Habilitado	Habilitado	Habilitado	Habilitado

Idem, para o caso do verão, representado na Tabela 30.

Tabela 30 – Horário de habilitação das bombas secundárias no verão.

<b>Horário de habilitação (Verão)</b>		<b>BOMBAS SECUNDÁRIAS CT1</b>		<b>BOMBAS SECUNDÁRIAS CT2</b>	
<b>Período</b>	<b>Tarifário</b>	<b>B1-A/AR</b>	<b>B1/R-A/AR_ID133</b>	<b>BCR 2.2.1.1/2_ID129</b>	<b>BCR 2.2.2.1/2_ID130</b>
00:00 - 02:00	Vazio	Desabilitado	Desabilitado	Desabilitado	Desabilitado
02:00 - 06:00	Super vazio	Desabilitado	Desabilitado	Desabilitado	Desabilitado
06:00 - 07:00	Vazio	Desabilitado	Desabilitado	Desabilitado	Desabilitado
07:00 - 09:15	Cheia	Desabilitado	Desabilitado	Desabilitado	Desabilitado
09:15 - 12:15	Ponta	Habilitado	Habilitado	Habilitado	Habilitado
12:15 - 24:00	Cheia	Habilitado	Habilitado	Habilitado	Habilitado

Existem mais bombas para além das representadas nas Tabela 29 e Tabela 30, no entanto foram omitidas pois têm um horário de habilitação em tudo semelhante às referidas nas tabelas anteriores:

- As bombas B2-B/AR, B2/R-B/AR\_ID134, B3-C/AR, B3/R-C/AR\_ID135, B4-D/AR, B4/R-D/AR\_ID136, B5-E/AR, B5/R-E/AR\_ID137, B6-F/AR e B6/R-F/AR\_ID138 têm horário de habilitação igual às bombas B1-A/AR e B1/R-A/AR\_ID133 pois todas estas bombas fazem parte da CT1;
- As bombas BCR 2.3.1/2\_ID101 e BCR 2.4.1/2\_ID102 têm horário de habilitação igual às bombas BCR 2.2.1.1/2\_ID129 e BCR 2.2.2.1/2\_ID130 pois todas estas bombas fazem parte da CT2.

De seguida são analisados os critérios de funcionamento de cada uma das bombas tendo-se dividido estas em dois grandes grupos: bombas que alimentam exclusivamente UTA's e UTAN's e bombas que alimentam exclusivamente VC's das lojas. Na Tabela 31 as bombas encontram-se agrupadas por central térmica.

Tabela 31 – Critérios de funcionamento das bombas secundárias.

Equipamentos	Ação	Notas
B1-A/AR B1/R-A/AR_ID133 B2-B/AR B2/R-B/AR_ID134  BCR 2.2.1.1/2_ID129 BCR 2.3.1/2_ID101	Funciona de forma encravada com os ventiladores das UTA's/UTAN's associadas ou válvulas de água fria das mesmas.	Bombas secundárias que alimentam exclusivamente UTA's e UTAN's.
B3-C/AR B3/R-C/AR_ID135 B4-D/AR B4/R-D/AR_ID136 B5-E/AR B5/R-E/AR_ID137 B6-F/AR B6/R-F/AR_ID138  BCR 2.2.2.1/2_ID130 BCR 2.4.1/2_ID102	Funciona de forma encravada com as VC's que alimentam as lojas alimentadas por esta bomba.	Bombas secundárias que alimentam exclusivamente VC's das lojas.

#### 5.4.6 - Unidades de Tratamento de ar

Por fim é preciso definir os parâmetros de controlo para as unidades de tratamento de ar. Aqui estão incluídos dois tipos de equipamento: as UTA's – Unidades de Tratamento de Ar – e as UTAN's – Unidades de Tratamento de Ar Novo. Depois de duas auditorias feitas ao

*shopping* e após se ter conhecimento do estado das UTA's, chegou-se à conclusão que era necessário trabalhar muito nestes equipamentos. Para além de registos avariados, viu-se que a idade destes equipamentos já começa a dar sinais de deteioração que vão obrigar a uma troca, provavelmente muito em breve. O facto de muitas das sondas inseridas nestes equipamentos darem valores completamente absurdos (temperaturas de  $-327^{\circ}\text{C}$  e concentrações de  $\text{CO}_2$  de 2 ppm) remetem para o seu mau funcionamento. No anexo I é mostrada uma *checklist*, feita pelo Engenheiro João Santos, que foi levada na segunda auditoria onde foram apontadas algumas informações relevantes para além dos problemas referidos acima.

Começa-se então por mostrar o horário de habilitação das unidades de tratamento de ar. Como no *shopping* em estudo existem 24 equipamentos destes, só vão ser apresentados nas Tabela 32 e Tabela 33 os equipamentos que têm um horário mais complexo. Na Tabela 32 apresenta-se o horário de habilitação das unidades de tratamento de ar no inverno.

Tabela 32 – Horário de habilitação das unidades de tratamento do ar, no inverno.

Horário de habilitação (Inverno)		UTA's - MALL		UTAN's - LOJAS		
Período	Tarifário	UTA 1/1.0_ID074	UTA 2/2.0_ID059	UTAN 1/1.0_ID074	UTAN 2/2.0_ID059	UTAN 8/4.2_ID060
00:00 - 02:00	Vazio	Desabilitado	Desabilitado	Habilitado	Habilitado	Habilitado
02:00 - 06:00	Super vazio	Habilitado	Habilitado	Habilitado	Habilitado	Habilitado
06:00 - 07:00	Vazio	Desabilitado	Desabilitado	Habilitado	Habilitado	Habilitado
07:00 - 09:30	Cheia	Desabilitado	Desabilitado	Habilitado	Habilitado	Habilitado
09:30 - 12:00	Ponta	Habilitado	Habilitado	Habilitado	Habilitado	Habilitado
12:00 - 18:30	Cheia	Habilitado	Habilitado	Habilitado	Habilitado	Habilitado
18:30 - 21:00	Ponta	Habilitado	Habilitado	Habilitado	Habilitado	Habilitado
21:00 - 24:00	Cheia	Habilitado	Habilitado	Habilitado	Habilitado	Habilitado

Idem, para o caso do verão, representado na Tabela 33.

Tabela 33 – Horário de habilitação das unidades de tratamento do ar, no verão.

Horário de habilitação (Verão)		UTA's - MALL		UTAN's - LOJAS		
Período	Tarifário	UTA 1/1.0_ID074	UTA 2/2.0_ID059	UTAN 1/1.0_ID074	UTAN 2/2.0_ID059	UTAN 8/4.2_ID060
00:00 - 02:00	Vazio	Desabilitado	Desabilitado	Habilitado	Habilitado	Habilitado
02:00 - 06:00	Super vazio	Habilitado	Habilitado	Habilitado	Habilitado	Habilitado
06:00 - 07:00	Vazio	Desabilitado	Desabilitado	Habilitado	Habilitado	Habilitado
07:00 - 09:15	Cheia	Desabilitado	Desabilitado	Habilitado	Habilitado	Habilitado
09:15 - 12:15	Ponta	Habilitado	Habilitado	Habilitado	Habilitado	Habilitado
12:15 - 24:00	Cheia	Habilitado	Habilitado	Habilitado	Habilitado	Habilitado

As UTA's e as UTAN's encontram-se todas habilitadas no horário do super vazio devido ao *flush-out*. No entanto, há UTAN's que ficam habilitadas durante o dia todo. Isso

acontece no caso das UTAN's que ventilam, ou alimentam os ventiloconvectores, e que estão ligadas às lojas ditas críticas. Estas lojas precisam de uma renovação de ar constante para não ficarem com um cheiro incomodativo para os clientes. Tem-se como exemplos de lojas críticas as lavandarias, perfumarias e lojas de animais.

As UTA's designadas por UTA 3/1.1\_ID090, UTA 4/2.1\_ID082, UTA 5/1.2\_ID107, UTA 6/2.2\_ID115, UTA 7/3.2\_ID131, UTA 8/4.2\_ID132, UTA 9/3.1\_ID089, UTA 10/4.1\_ID055, UTA C 1.1\_ID033, UTA C 1.2\_ID033, UTAN C 1.3\_ID033, UTAN 3/1.1\_ID108, UTAN 4/2.1\_ID082, UTAN 5/1.2\_ID107, UTAN 6/2.2\_ID115, UTAN 10/4.1\_ID055, UTAN 12/3.1\_ID056, UTAN FUMADORES\_ID096 e UTAN ADM\_ID109 têm um horário de habilitação igual à UTA 1/1.0\_ID074 e UTA 2/2.0\_ID059.

O outro parâmetro de controlo das Unidades de Tratamento de Ar consiste em definir os critérios de funcionamento das mesmas. Na Figura 31 é possível observar um diagrama de controlo para as UTA's que ventilam o ar do *mall*.

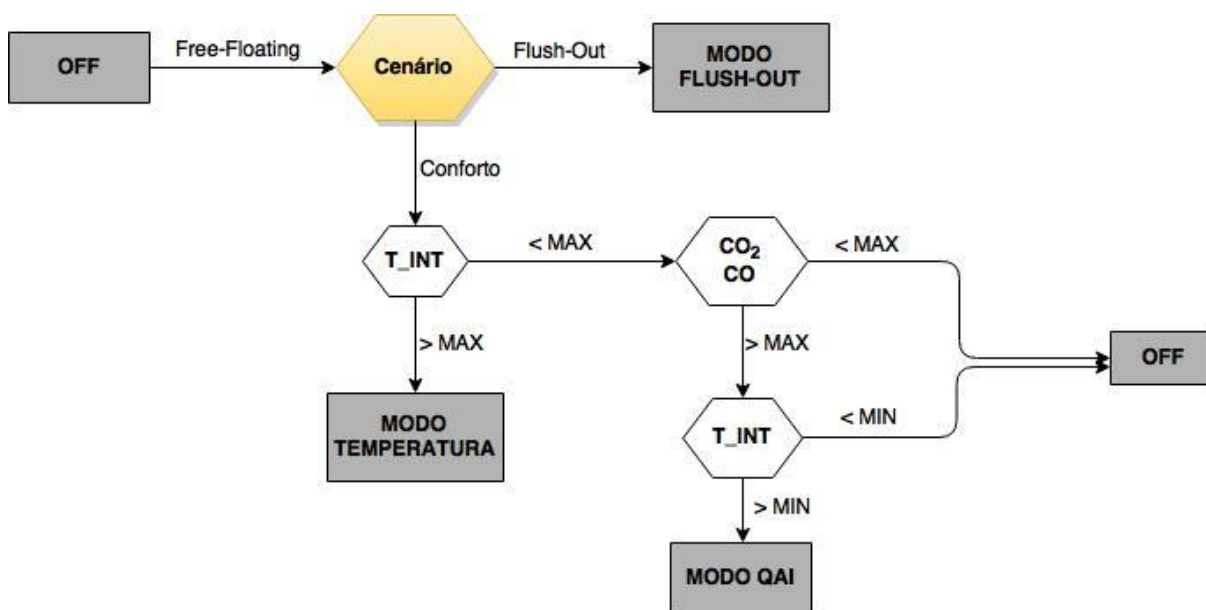


Figura 31 – Controlo das UTA's no *mall* - geral.

Como se pode ver a partir da observação da figura acima, este é só o controlo inicial das UTA's, pois as ramificações finais (Temperature Mode, IAQ Mode, etc) levam a outros diagramas de controlo que proporcionam mais detalhe sobre o modo em questão. Esses restantes diagramas podem ser consultados no anexo J.

Analisando agora o caso das lojas na Figura 32.

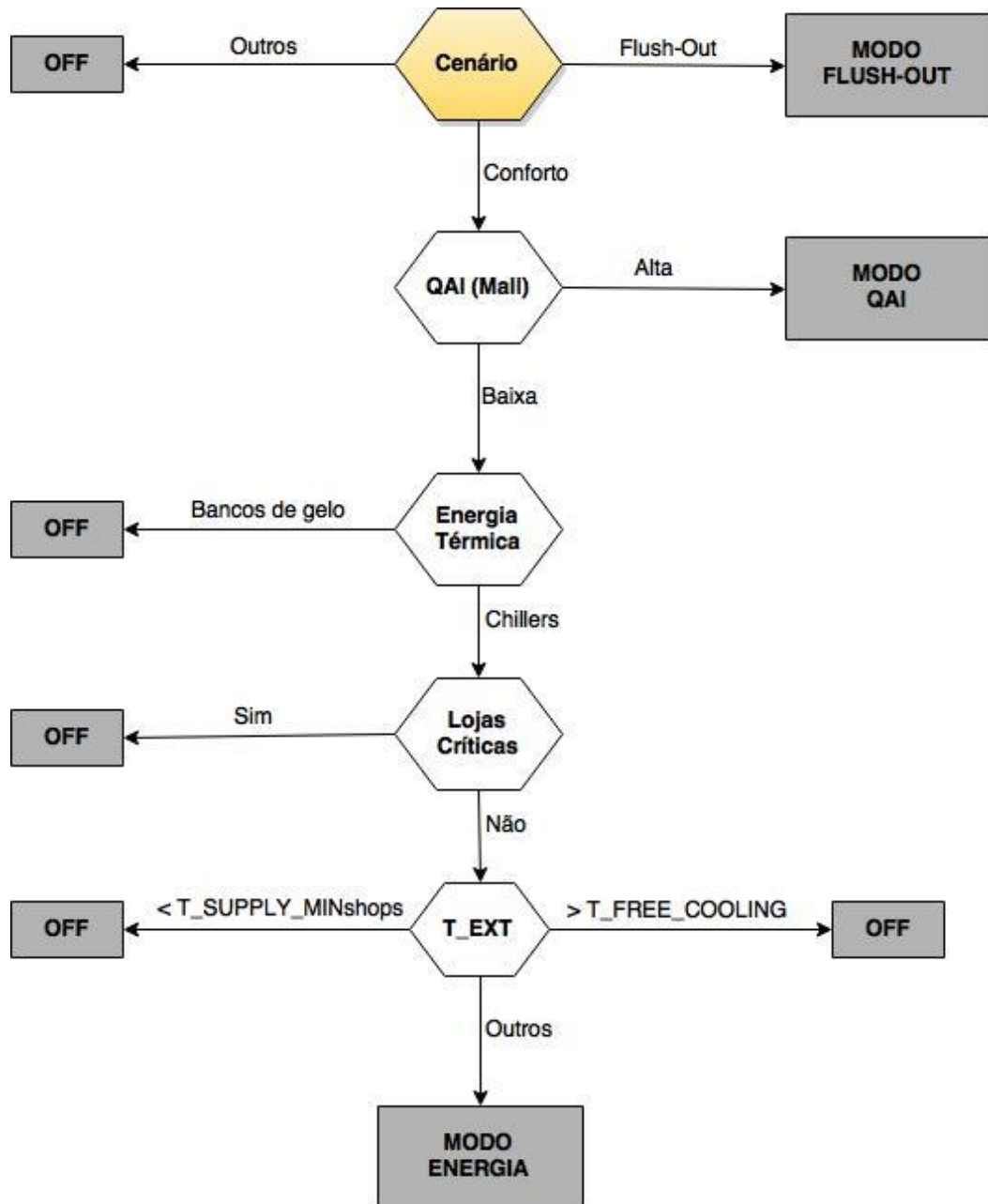


Figura 32 – Controlo das UTAN's nas lojas – geral.

Tal como aconteceu no caso das UTA's, na Figura 32 as ramificações gerais levam a outros modos de controlo que podem ser analisados também no anexo J.

## 5.5 - Management & Verification

Depois de definidos os serviços e o controlo de todo o sistema AVAC, segue-se para o M&V. O M&V consiste em definir um conjunto de alarmes informativos, funcionais e de consumos, que se encontram descritos na Tabela 34.

Tabela 34 – M&V do *shopping*.

Tipo de alarme	Descrição	Acção
Alarmes informativos	Se temperatura de insuflação de qualquer UTA/UTAN for inferior a T_INS_MINconf.	Apresentar mensagem na GTC "Temperatura de insuflação da UTAX inferior a T_INS_MINconf".
	Se temperatura de insuflação de qualquer UTA/UTAN for inferior a T_INS_MINconf. E se o nível de CO <sub>2</sub> ultrapasse o valor de MAX CO <sub>2</sub> .	Apresentar mensagem na GTC "Nível CO <sub>2</sub> acima do máximo. Temperatura de insuflação demasiado baixa para ligar UTA".
	Se temperatura de insuflação de qualquer UTA/UTAN for inferior a T_INS_MINconf. E se o nível de CO ultrapasse o valor de MAX CO.	Apresentar mensagem na GTC "Nível CO acima do máximo. Temperatura de insuflação demasiado baixa para ligar UTA".
	Se temperatura interior for inferior a T_INT_MINconf	Apresentar mensagem na GTC "Temperatura demasiado baixa no local da sonda X".
	Se registos de abertura da UTA/UTAN não abrem quando esta entra em funcionamento.	Apresentar mensagem na GTC "Problema nos registos de abertura da UTAX, mandar manutenção ao local rapidamente".
	Se registos de mistura da UTA/UTAN não abrem quando esta entra em funcionamento.	Apresentar mensagem na GTC "Problema nos registos de mistura da UTAX, mandar manutenção ao local rapidamente".
	Se existe algum problema no motor de insuflação de uma UTA/UTAN.	Apresentar mensagem na GTC "Problema no motor de insuflação na UTAX, mandar manutenção ao local rapidamente".
	Se existe algum problema no motor de extração de uma UTA/UTAN.	Apresentar mensagem na GTC "Problema no motor de extração na UTAX, mandar manutenção ao local rapidamente".
	Se o ar exterior tiver uma temperatura acima dos 26°C.	Apresentar mensagem na GTC "Ar exterior acima dos 26°C".
Alarmes funcionais	Se a recuperação de calor não estiver a funcionar corretamente.	Apresentar mensagem na GTC "Problema na recuperação de calor na UTAX, mandar manutenção ao local rapidamente".
	Equipamentos ligados fora do horário de habilitação.	Desligar o equipamento.
Alarmes de consumo	Se a temperatura interior for superior a T_INT_MAXconf.	Ligar as UTA's/UTAN's da zona afetada.
	Se os <i>chillers</i> da CT1 estiverem a funcionar em hora de ponta e o nível de bancos de gelo for superior a 0%.	Desligar <i>chillers</i> da CT1.
	Se as bombas primárias estiverem em funcionamento quando os <i>chillers</i> encravados não estão.	Desligar as respetivas bombas primárias.
	Se as bombas secundárias estiverem em funcionamento quando o <i>shopping</i> se encontra encerrado, exceto no horário do <i>flush-out</i> .	Desligar as respetivas bombas secundárias.
	Se as UTA's/UTAN's estiverem em funcionamento quando o <i>shopping</i> se encontra encerrado, exceto no horário do <i>flush-out</i> .	Desligar as respetivas UTA's/UTAN's.

É também importante salientar que não é necessário um número alargado de alarmes pois quantos mais alarmes houver nesta secção, mais confuso se torna o M&V para além de se correr um risco maior dos alarmes passarem a ser ignorados, o que não é muito desejável.

## 5.6 - Outros trabalhos feitos na empresa

Para além de todo o trabalho retratado até aqui, foram feitos outros tipos de tarefas para a empresa Edifícios Saudáveis. Uma dessas tarefas e a mais importante foi o comissionamento do *BuildONE*. O *BuildONE* é uma página onde se pode consultar os consumos energéticos do

*shopping* do caso prático. Aqui é feita uma separação por tipos de sistemas, nomeadamente: AVAC, Iluminação, Transporte Vertical e Ventilação dos Parques de Estacionamento, que pode ser visualizado na Figura 33.

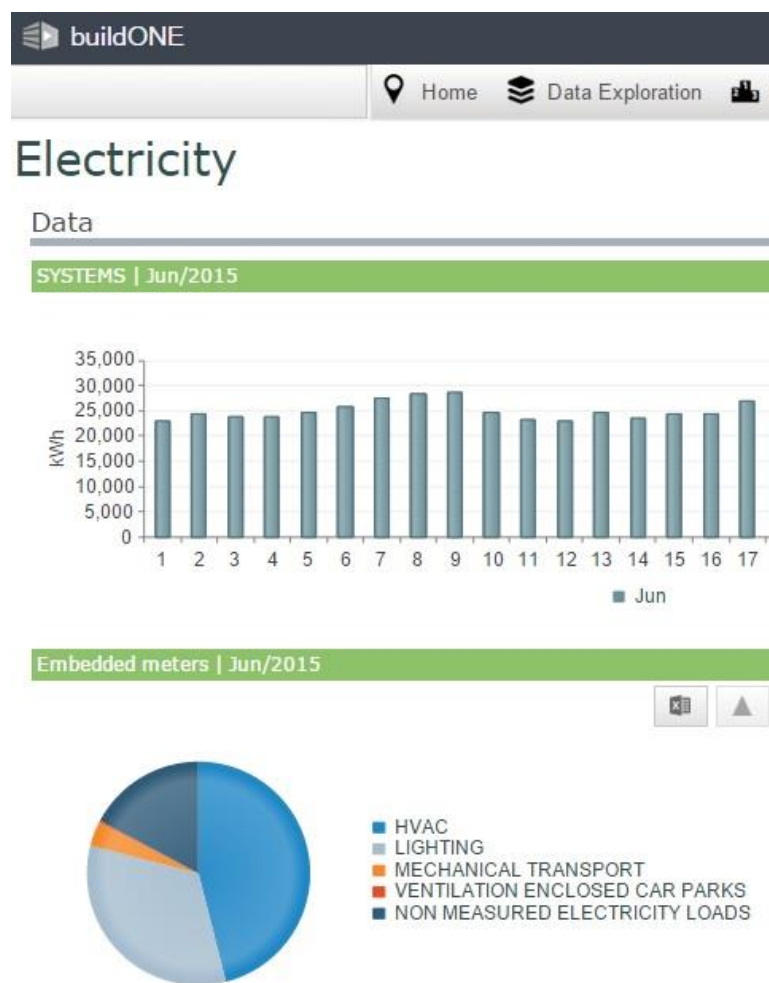


Figura 33 – Página inicial do *BuildONE*. [33]

A figura acima permite analisar o peso que o sistema AVAC tem na fatura energética do *shopping* analisado, confirmando-se assim que o sistema AVAC tem um peso bastante relevante, visto que chega a quase 50% da eletricidade consumida. O segundo sistema mais relevante, a iluminação, fica um pouco atrás com valores a rondar os 30% no mês em questão.

Voltando à organização do *BuildONE*, dentro de cada um dos tipos de sistemas existentes, surgem indicadores separados por vários níveis e dentro de cada um desses indicadores aparecem os contadores que estão ligados a praticamente todos os equipamentos que se encontram no *shopping*. Na Figura 34 pode-se visualizar parte da árvore do *BuildONE*. A árvore completa pode ser visualizada no anexo K.

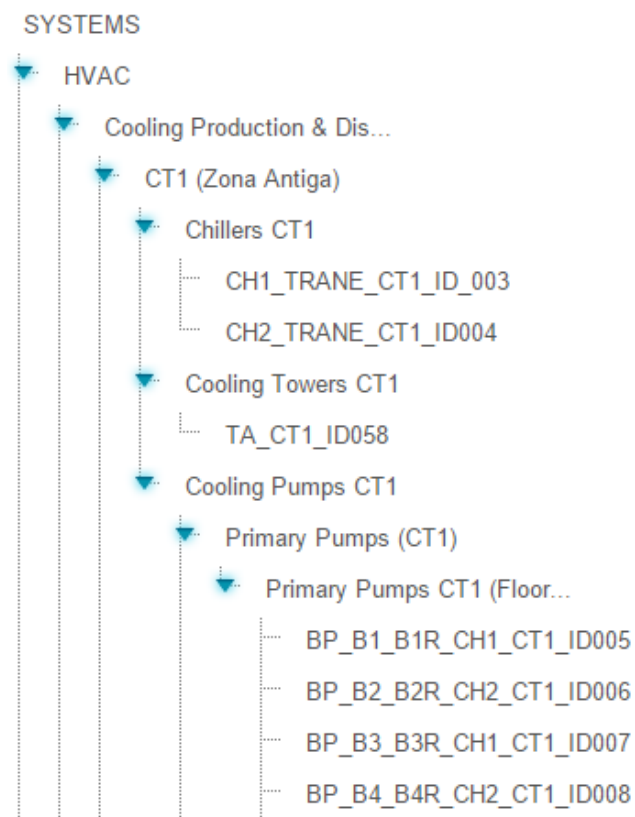


Figura 34 – Parte da árvore de contadores do *BuildONE*. [33]

Analisando a Figura 34, tem-se o sistema geral que neste caso é o sistema AVAC. Dentro do sistema AVAC podem ser vistos indicadores do nível 1 que neste caso só dá para visualizar o “*Cooling Production & Distribution*”. Dentro desse indicador existem outros indicadores de nível 2 como é o caso dos “*Chillers CT1*” e “*Cooling Pumps CT1*”, por exemplo, e por aí adiante até se chegar aos indicadores individuais como é o caso do “CH1\_TRANE\_CT1\_ID\_003” ou “BP\_B4\_B4R\_CH2\_CT1\_ID008”, a título de exemplo. É fácil identificar os contadores pois todos eles têm um ID associado.

Devido ao facto de o *BuildONE* ser uma ferramenta recente para a empresa, esta teve de ser analisada com cuidado pois a tudo o que é novo, estão associados certos problemas. E, realmente, depois de ser feita uma análise cuidada – que inclui todos os indicadores e contadores em separado e por grupos (exemplo da Figura 35 onde aparecem os consumos de cada um dos *chillers* da CT1 ao longo de 7 dias) – foram encontrados diversos erros, tanto ao nível do consumo, assim como contadores situados em equipamentos errados, entre outros.





Figura 35 – Exemplo de janela de consumos dos *chillers* da CT1 através do *BuildONE*. [33]

Depois de encontrados esses mesmos erros foram enviados sucessivos *e-mails* à empresa responsável pelo *BuildONE* e posteriormente corrigidos para que os dados obtidos dessa plataforma sejam os mais corretos possível.

É também importante referir que apesar de toda esta secção dedicada ao *BuildONE* não estar diretamente relacionada com a presente dissertação, analisando os consumos através da ferramenta deu para perceber que o *shopping* em questão não cumpre as soluções que foram discutidas em anos anteriores pela empresa e, para além disso, também ajudou na definição dos serviços e controlo propostos na presente dissertação.

Para além de todo o comissionamento do *BuildONE*, também foi desenvolvido um pequeno programa, em formato de folha *excel*, que calcula as concentrações de CO<sub>2</sub> numa loja, para a situação em que se encontra vazia, no horário do *Flush-Out*.



## 6 - Conclusões

Com a realização desta dissertação foi possível perceber a importância de uma boa gestão térmica num grande edifício de serviços. Com o presente contexto de racionalização de consumos aliado a um aumento de custos energéticos, que se tem vindo a acentuar, leva a uma preocupação crescente nas diversas actividades do quotidiano e ainda mais no setor dos edifícios.

Daí haver uma grande necessidade de definir serviços e controlo de certos parâmetros nos vários equipamentos que gastam energia elétrica e principalmente, no sistema AVAC, visto que este é, normalmente, o principal responsável quando se fala do consumo energético de um edifício.

Assim, depois de se definir o sistema AVAC habitual os grandes edifícios de serviços e se ter uma boa noção da eficiência energética neste tipo de edifícios foi desenhada uma abordagem que poderia levar a uma grande redução nos consumos de um edifício de serviços.

De seguida, foi aplicada essa metodologia num grande edifício de serviços real, onde foi feito em primeiro lugar um zonamento de todo o edifício para além de um levantamento exaustivo de todo o equipamento existente no *shopping* em questão, com recurso a plantas e a variados documentos fornecidos pela empresa onde ocorreu o estágio durante o desenvolvimento da presente dissertação, ou seja, a Edifícios Saudáveis.

Para além disso também foram feitas duas auditorias ao edifício em questão. A primeira para analisar alguns problemas relacionados com a GTC – Gestão Técnica Centralizada – do *shopping*, onde se verificou que inúmeras sondas instaladas por todo o edifício encontravam-se com problemas, nomeadamente a leitura de valores errados de temperatura e de concentração de CO<sub>2</sub>. Estes valores errados poderiam ter como consequência o arranque de alguns equipamentos, o que iria aumentar o consumo energético do edifício de maneira inútil. Já na segunda auditoria feita no *shopping*, fez-se uma verificação bastante elaborada a todas as

Unidades de Tratamento de Ar do edifício onde se verificaram inúmeros problemas desde registos que não fechavam (ou abriam) quando era necessário, várias peças num estado bastante degradado e o facto de todos os equipamentos arrancarem de forma manual. Este último aspeto não acontecia só nas UTA's daí se ter sentido a necessidade de automatizar todo este processo.

Dessa tentativa de automatização, resultaram os serviços e o controlo que foi desenvolvido para este edifício em concreto e também um sistema de alarmes para o caso de algum controlo definido não responder ao que foi imposto.

A ideia destes últimos capítulos era implementar os serviços e o respectivo controlo no *shopping* descrito no caso prático. No entanto, devido a factores externos, na altura da conclusão da presente dissertação, estas ações ainda não tinham sido implementadas no edifício em questão. Devido a esse fator, seria interessante no futuro, verificar o sucesso das medidas aplicadas, para além de as otimizar.

## Referências bibliográficas

- [1] Centro para a Conservação de Energia. *Manual do Gestor de Energia*. Lisboa, Portugal.
- [2] EDP. *Guia prático da Eficiência Energética*. Disponível em:  
[http://ws.cgd.pt/blog/pdf/guia\\_edp.pdf](http://ws.cgd.pt/blog/pdf/guia_edp.pdf)
- [3] Sá, André fernando Ribeiro de. 2010. *Guia de aplicações de gestão de energia e eficiência energética*. Editado por Publindústria. Porto, Portugal.
- [4] <http://www.epa.gov/sustainability/basicinfo.htm>, acedido em 03/03/2015.
- [5] <http://www.edificiossaudaveis.pt>, acedido em 25/02/2015.
- [6] U.S. Green Building Council. 2013. *LEED Reference Guide for Building Design and Construction*. Washington, Estados Unidos da América.
- [7] <http://www.usgbc.org/leed>, acedido em 26/02/2015.
- [8] BREEAM. *The world's foremost environmental assessment method and rating system for buildings*. Disponível em: [http://www.breeam.org/filelibrary/BREEAM\\_Brochure.pdf](http://www.breeam.org/filelibrary/BREEAM_Brochure.pdf)
- [9] <http://www.knoow.net/cienceconempr/gestao/gestao.htm>, acedido em 09/03/2015.
- [10] <http://www.egapi.pt/produtos/gestao-energia/>, acedido em 09/03/2015.
- [11] Wulfinghoff, Donald R.. 1999. *Energy Efficiency Manual*. Editado por Energy Institute Press. Maryland, Estados Unidos da América.
- [12] <http://www.portal-energia.com/imagens/etiqueta-energetica.jpg>, acedido em 24/03/2015.
- [13] <http://www.dgeg.pt/>, acedido em 25/03/2015.
- [14] <http://www.iberinstal.pt/Servi%C3%A7os/Instala%C3%A7%C3%B5esEI%C3%A9ctricas/Gest%C3%A3oT%C3%A9cnicaCentralizada.aspx>, acedido em 29/03/2015.
- [15] <http://semanainformatica.teste.online.xl.pt/infra-estrutura/infra-estrutura/sistema-de-gestao-tecnica-centralizada>, acedido em 30/03/2015.
- [16] [http://www.itelmatris.com/img/GTC\\_UTAN.png](http://www.itelmatris.com/img/GTC_UTAN.png), acedido em 31/03/2015
- [17] Trane. 2006. *Introduction to HVAC Systems*. Estados Unidos da América.
- [18] Trane. 2006. *HVAC system Control*. Estados Unidos da América.

- [19] <http://www.ageradora.com.br/o-que-e-chiller-e-quais-os-seus-beneficios/>, acedido em 03/04/2015.
- [20] Trane. 2006. *Chilled-Water Systems*. Estados Unidos da América.
- [21] [http://www.gs-airowaterheatsource.co.uk/tl\\_files/greentech\\_solutions/downloads/airowaterheatsource/mistubishi/ecodan/heat\\_source\\_pumps\\_explained.jpg](http://www.gs-airowaterheatsource.co.uk/tl_files/greentech_solutions/downloads/airowaterheatsource/mistubishi/ecodan/heat_source_pumps_explained.jpg), acedido em 06/04/2015.
- [22] <http://i.ytimg.com/vi/YXPGl6ABjPw/hqdefault.jpg>, acedido em 06/04/2015.
- [23] <http://www.arfit.pt/Imgs/FAST/FE.JPG>, acedido em 06/04/2015.
- [24] <http://www.evac.pt/view.php?id=47>, acedido em 06/04/2015.
- [25] [http://www.evac.pt/static/194\\_Rotativo.gif](http://www.evac.pt/static/194_Rotativo.gif), acedido em 07/04/2015.
- [26] <http://www.alpinacalmac.com.br/images/tanques-de-gelo-1.jpg>, acedido em 07/04/2015.
- [27] <http://www.energia.pt/climatizacao>, acedido em 07/04/2015.
- [28] [http://img.archiexpo.com/images\\_ae/photo-m2/floor-mounted-fan-coil-59392-6550537.jpg](http://img.archiexpo.com/images_ae/photo-m2/floor-mounted-fan-coil-59392-6550537.jpg), acedido em 07/04/2015.
- [29] Sá, Ricardo. 2015. *Eficiência Energética em Edifícios*.
- [30] ISO 50001. 2011. *Sistemas de gestão de energia – Requisitos e linhas de orientação para a sua utilização*.
- [31] <http://www.edpsu.pt/pt/empresas/tarifasehorarios/horarios/Pages/HorariosMT.aspx>, acedido em 22/04/2015.
- [32] Águas do Porto. *Tarifário*. Disponível em:  
[http://www.aguasdoporto.pt/assets/misc/img/cliente/Tarifario\\_2015.pdf](http://www.aguasdoporto.pt/assets/misc/img/cliente/Tarifario_2015.pdf)
- [33] <http://sonaesierra.cloudapp.net/>, acedido em 08/04/2015.
- [34] <http://www.usgbc.org/leed#rating>, acedido em 26/02/2015.
- [35] *BREEAM International New Construction – Technical Manual*. 2014.

## **Anexos**





## Anexo A - Checklist da LEED



Project Name:  
Date:

Y	?	N	Credit	Integrative Process	1
0	0	0	0	Materials and Resources	13
Y			Prereq	Storage and Collection of Recyclables	Required
Y			Prereq	Construction and Demolition Waste Management Planning	Required
			Credit	Building Life-Cycle Impact Reduction	5
			Credit	Building Product Disclosure and Optimization - Environmental Product Declarations	2
			Credit	Building Product Disclosure and Optimization - Sourcing of Raw Materials	2
			Credit	Building Product Disclosure and Optimization - Material Ingredients	2
			Credit	Construction and Demolition Waste Management	2
0	0	0	0	Indoor Environmental Quality	15
Y			Prereq	Minimum Indoor Air Quality Performance	Required
Y			Prereq	Environmental Tobacco Smoke Control	Required
			Credit	Enhanced Indoor Air Quality Strategies	2
			Credit	Low-Emitting Materials	3
			Credit	Construction Indoor Air Quality Management Plan	1
			Credit	Indoor Air Quality Assessment	2
			Credit	Thermal Comfort	1
			Credit	Interior Lighting	2
			Credit	Daylight	3
			Credit	Quality Views	1
0	0	0	0	Innovation	6
			Credit	Innovation	5
			Credit	LEED Accredited Professional	1
0	0	0	0	Regional Priority	4
			Credit	Regional Priority: Specific Credit	1
			Credit	Regional Priority: Specific Credit	1
			Credit	Regional Priority: Specific Credit	1
			Credit	Regional Priority: Specific Credit	1
0	0	0	0	TOTALS	Possible Points: 110
				Certified: 40 to 49 points, Silver: 50 to 59 points, Gold: 60 to 79 points, Platinum: 80 to 110	

Figura 36 – Checklist da LEED. [34]



**Anexo B - Exemplo de uma empresa fictícia avaliada pela BREEAM**

BREEAM Section	Credits Achieved	Credits Available*	% of Credits Achieved	Section Weighting*	Section score
Management	10	22	45.00%	0.12	5.45
Health and wellbeing	8	10	80.00%	0.15	12
Energy	16	30	53.33%	0.19	10.13%
Transport	5	9	55.56%	0.08	4.44%
Water	5	9	55.56%	0.06	3.33%
Materials	6	12	50.00%	0.125	6.25%
Waste	3	7	42.86%	0.075	3.21%
Land use & Ecology	5	10	50.00%	0.10	5.00%
Pollution	5	13	38.50%	0.10	3.85%
Innovation	2	10	20.00%	0.10	2.00%
Final BREEAM score					55.66%
BREEAM rating					VERY GOOD

Figura 37 – Avaliação feita pelo método da BREEAM. [35]



## Anexo C - Expansões feitas no edifício do caso prático

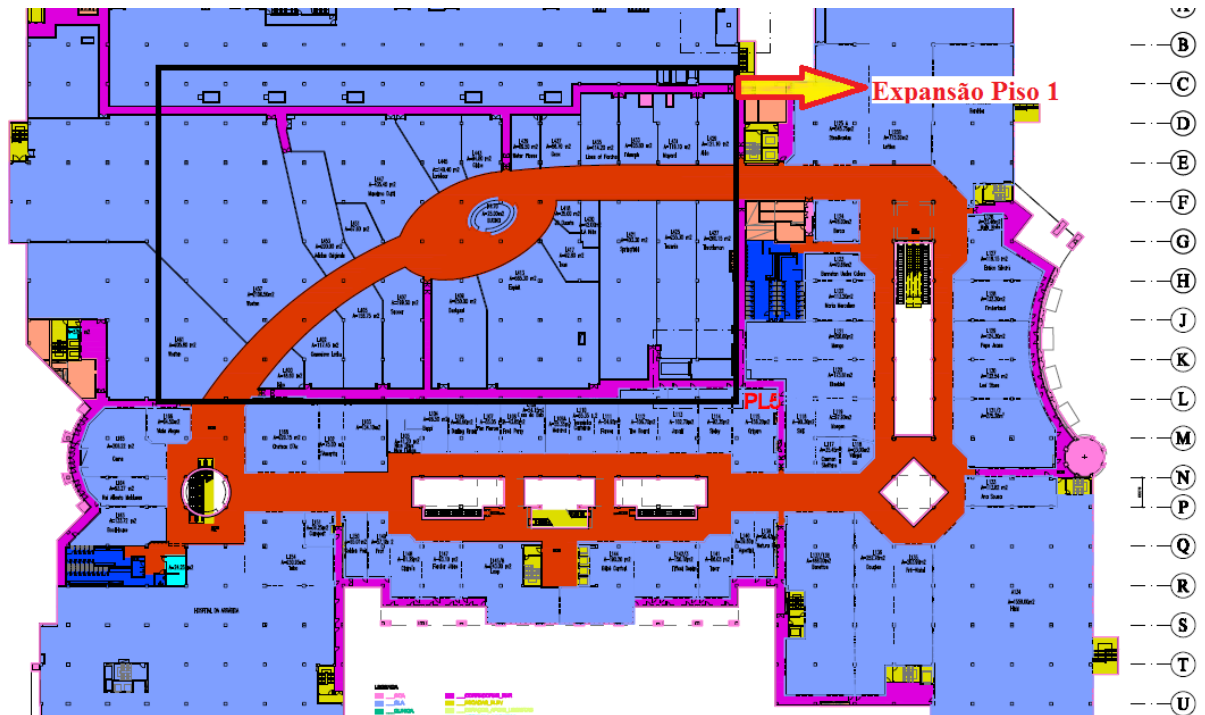


Figura 38 – Expansão feita no piso 1.

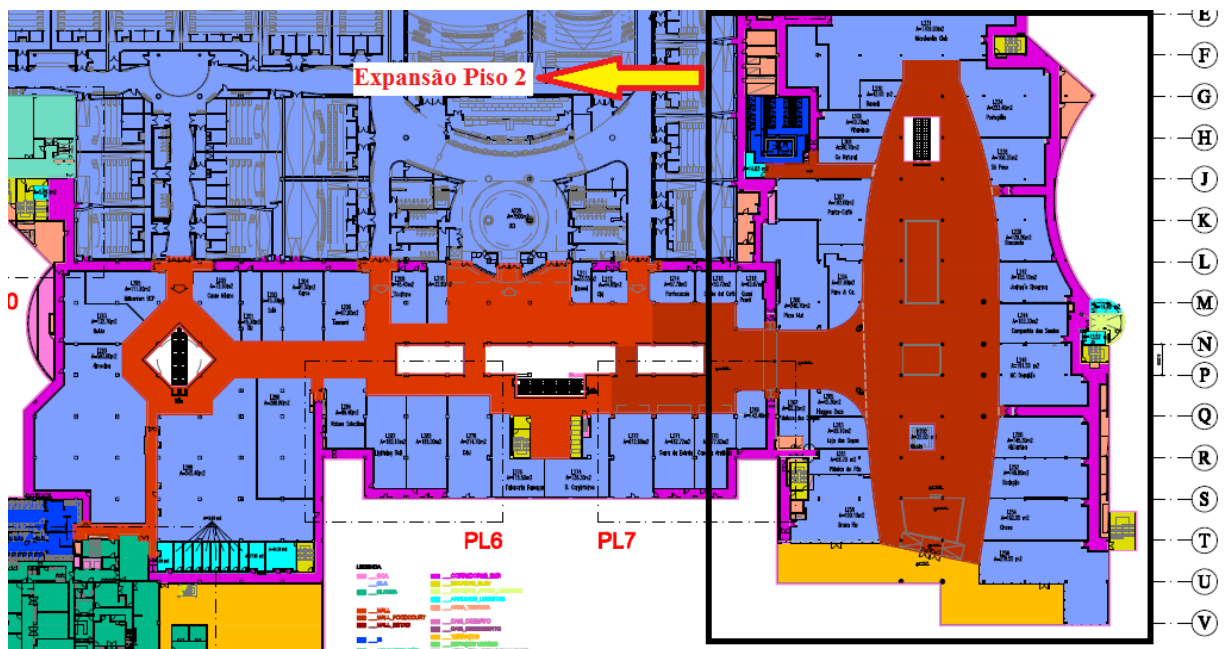


Figura 39 – Expansão feita no piso 2.



## Anexo D - Zonamento do *shopping* do caso prático



Figura 40 – Zonamento do piso 0.

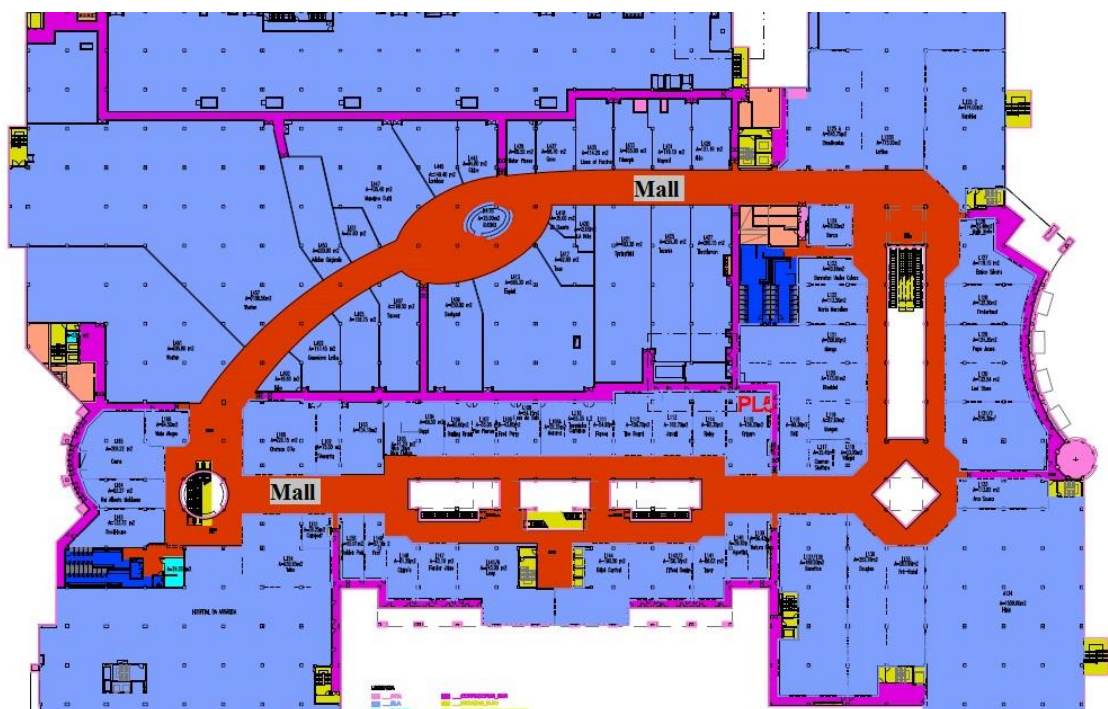


Figura 41 – Zonamento do piso 1.





## Anexo E - Áreas de influência das UTA's/UTAN's

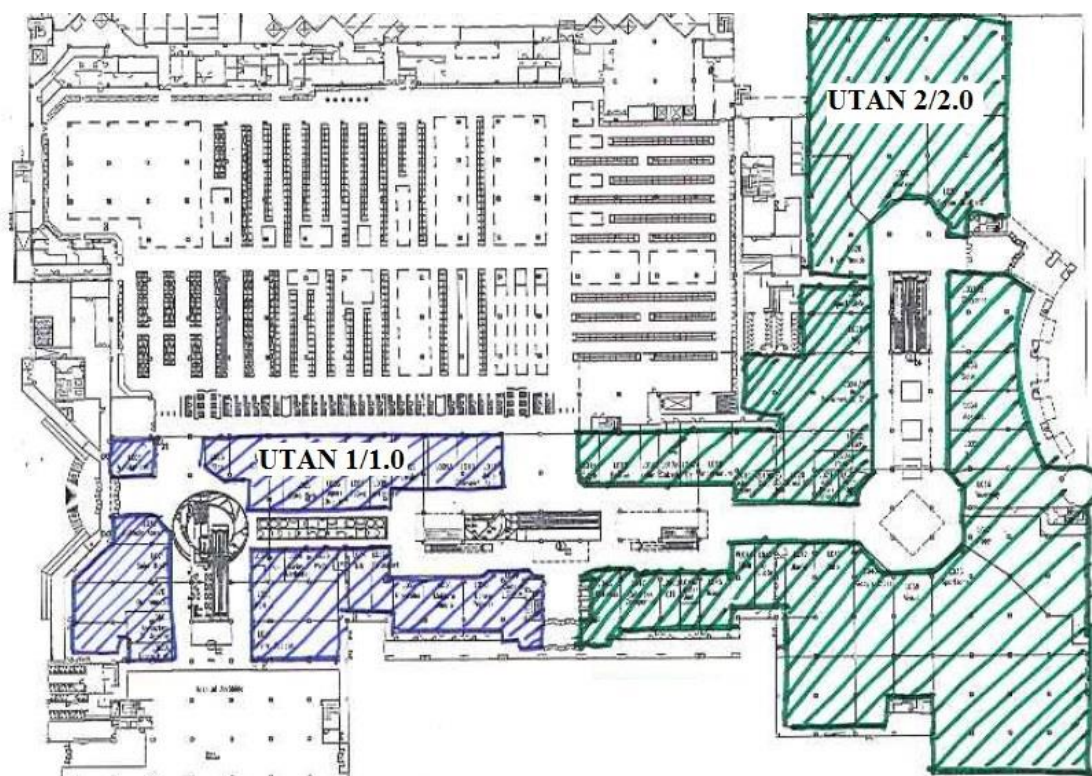


Figura 42 – Zona de influência das UTAN's no piso 0.

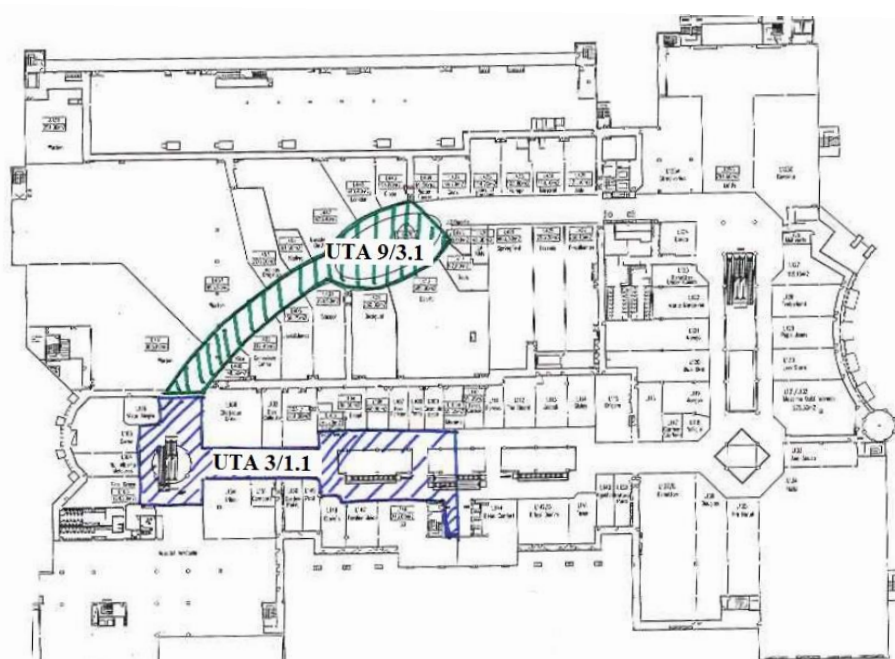


Figura 43 – Zona de influência das UTA's no piso 1.

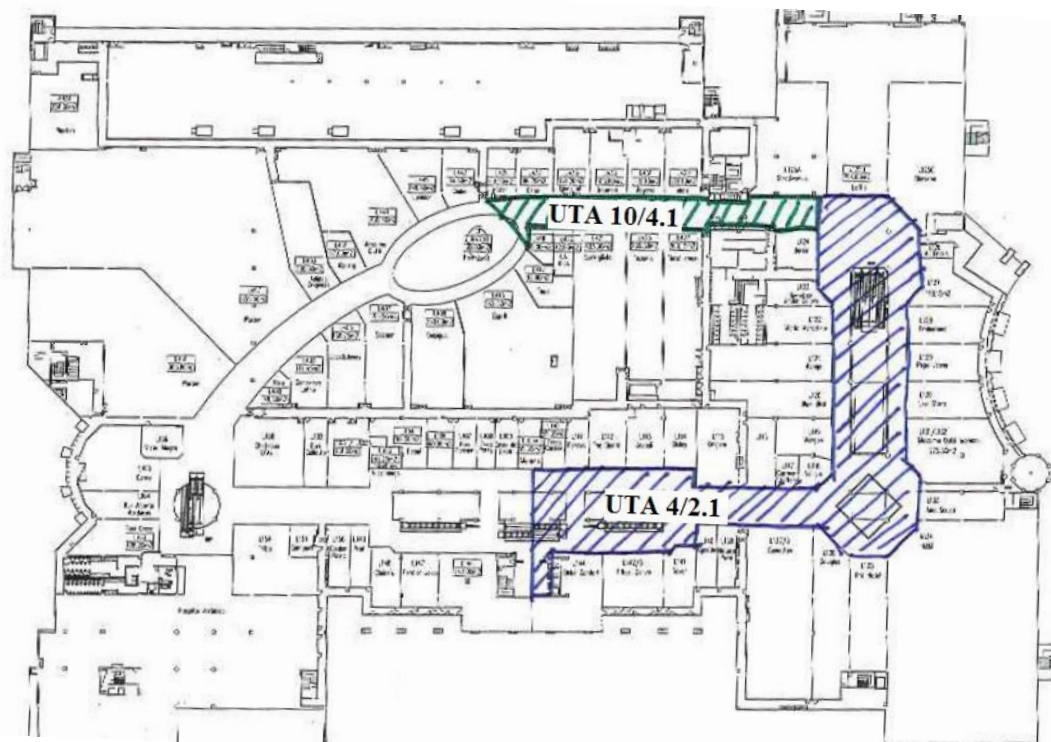


Figura 44 – Zona de influência das UTA's no piso 1.

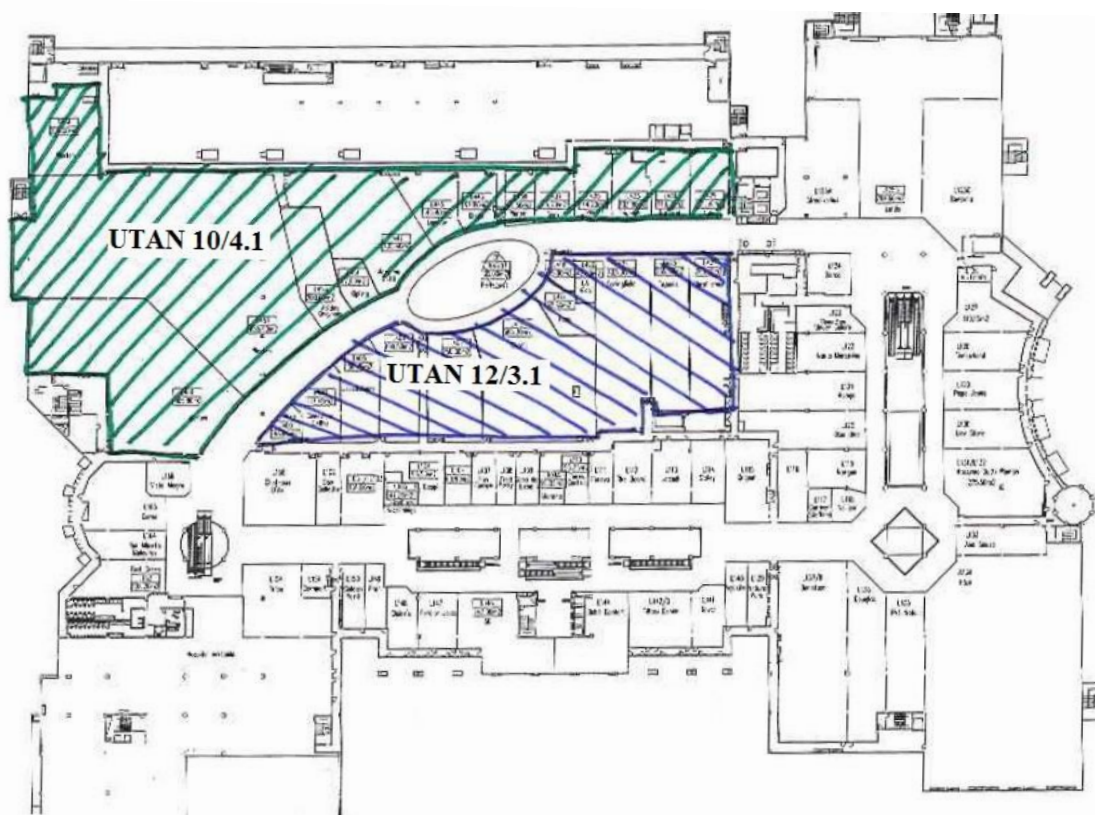


Figura 45 – Zona de influência das UTAN's no piso 1.



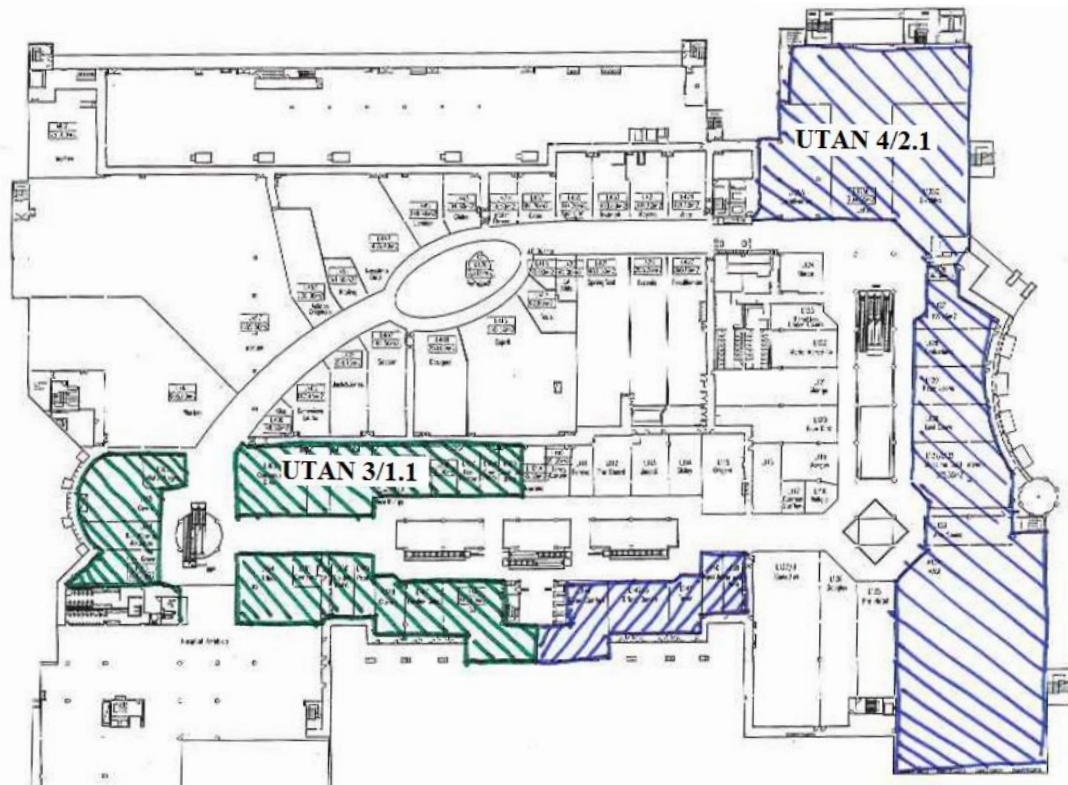


Figura 46 – Zona de influência das UTAN's no piso 1.

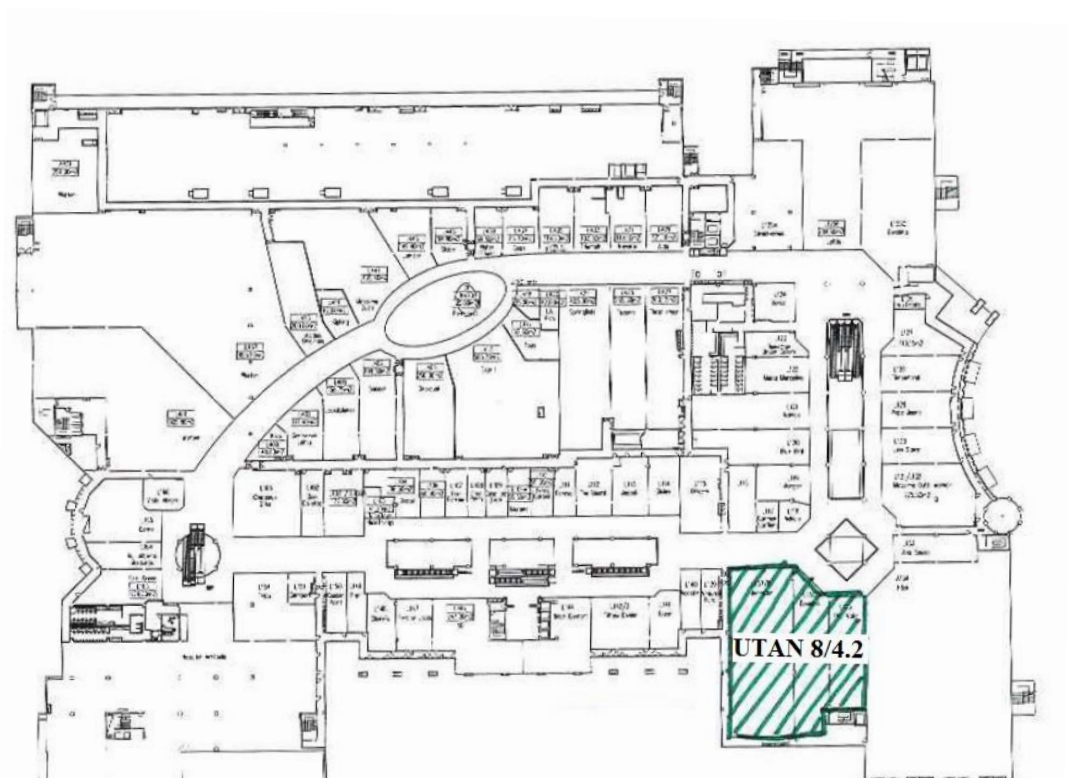


Figura 47 – Zona de influência das UTAN's no piso 1.

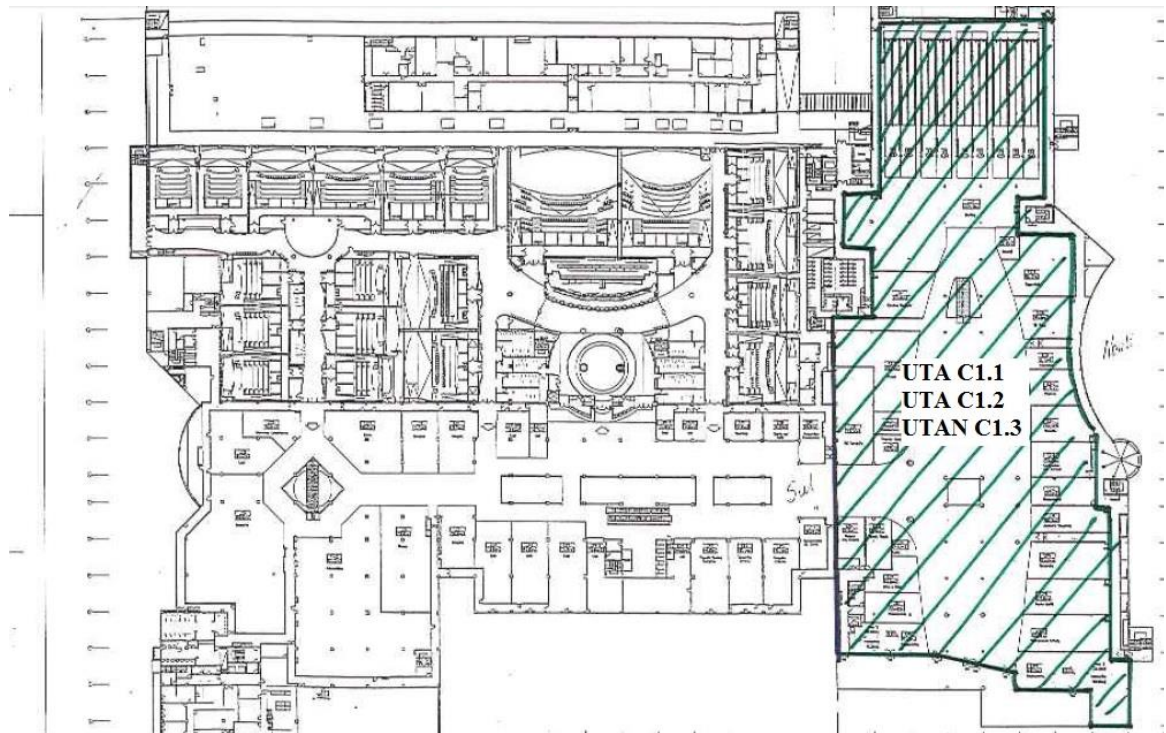


Figura 48 – Zona de influência das UTA's no piso 2.

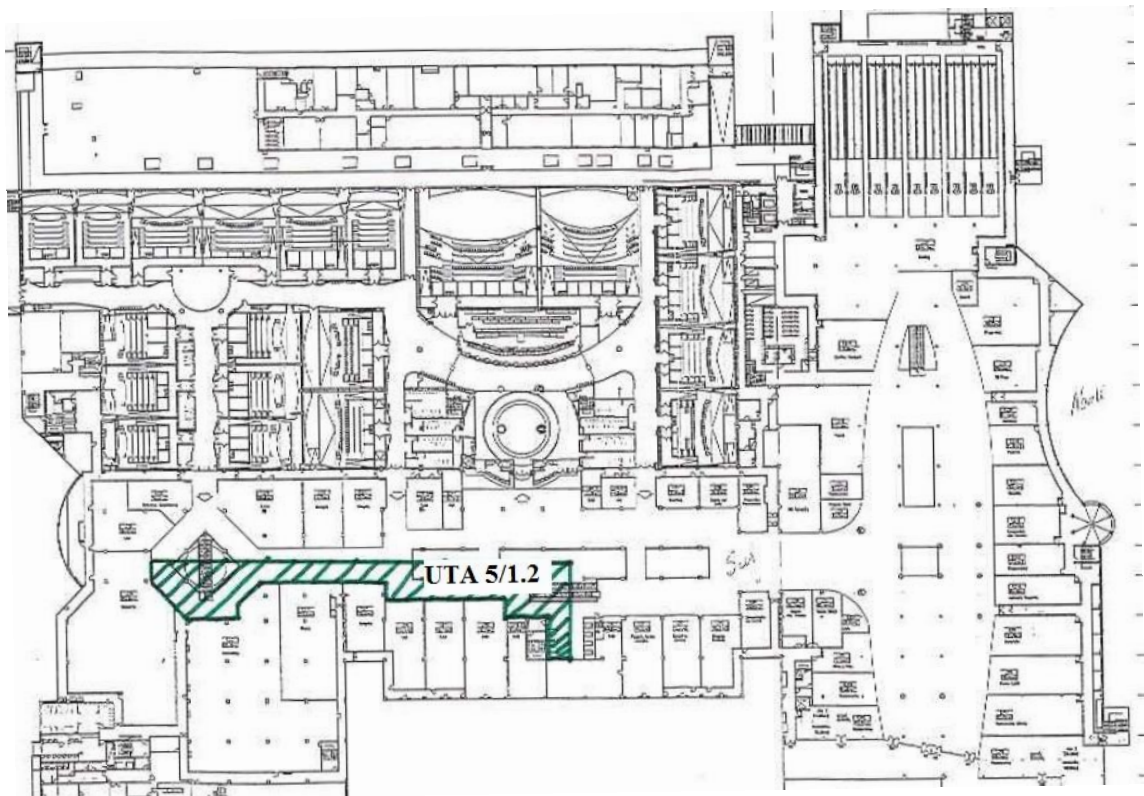


Figura 49 – Zona de influência das UTA's no piso 2.



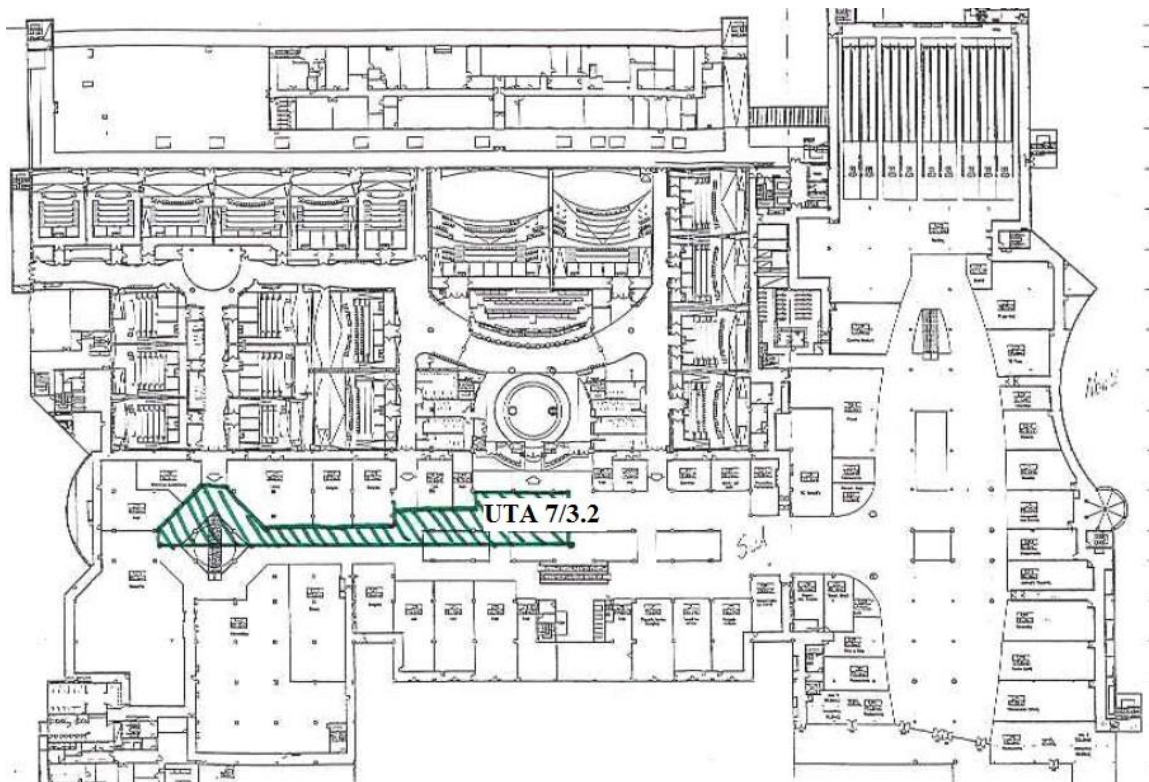


Figura 50 – Zona de influência das UTA's no piso 2.

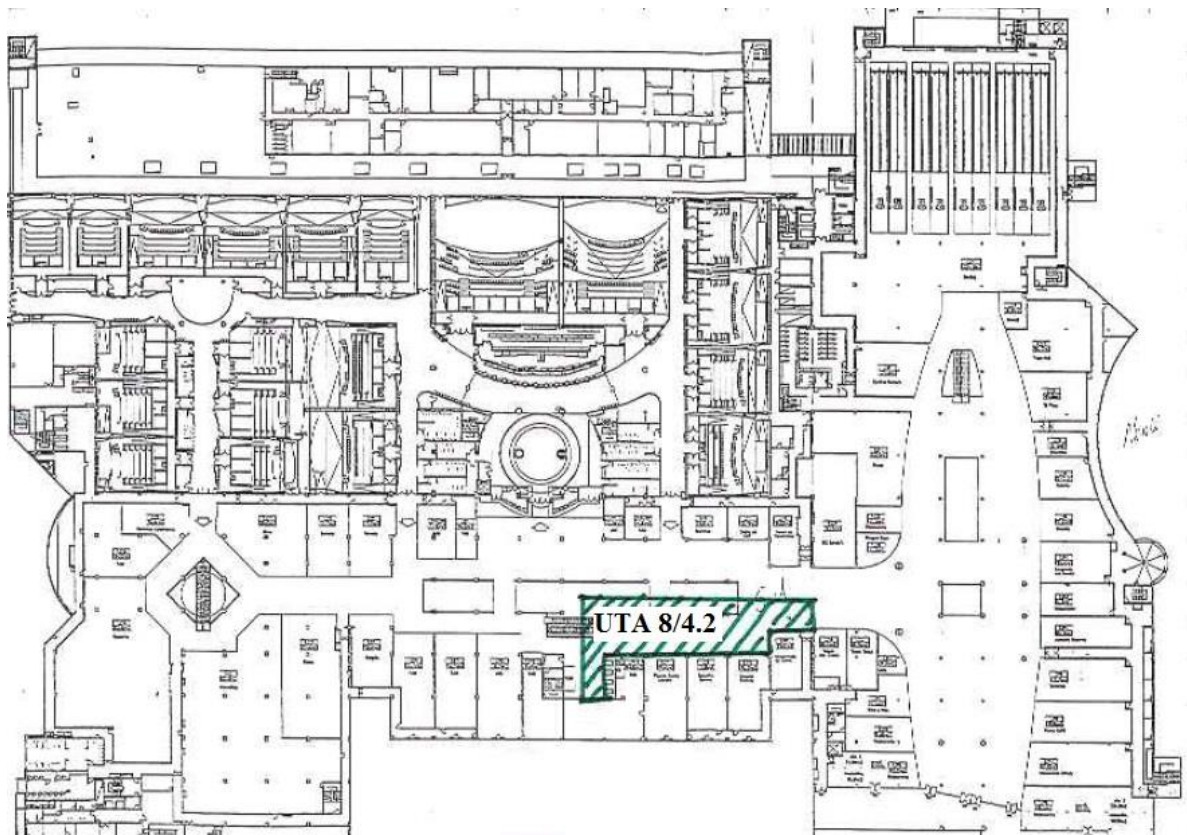


Figura 51 – Zona de influência das UTA's no piso 2.

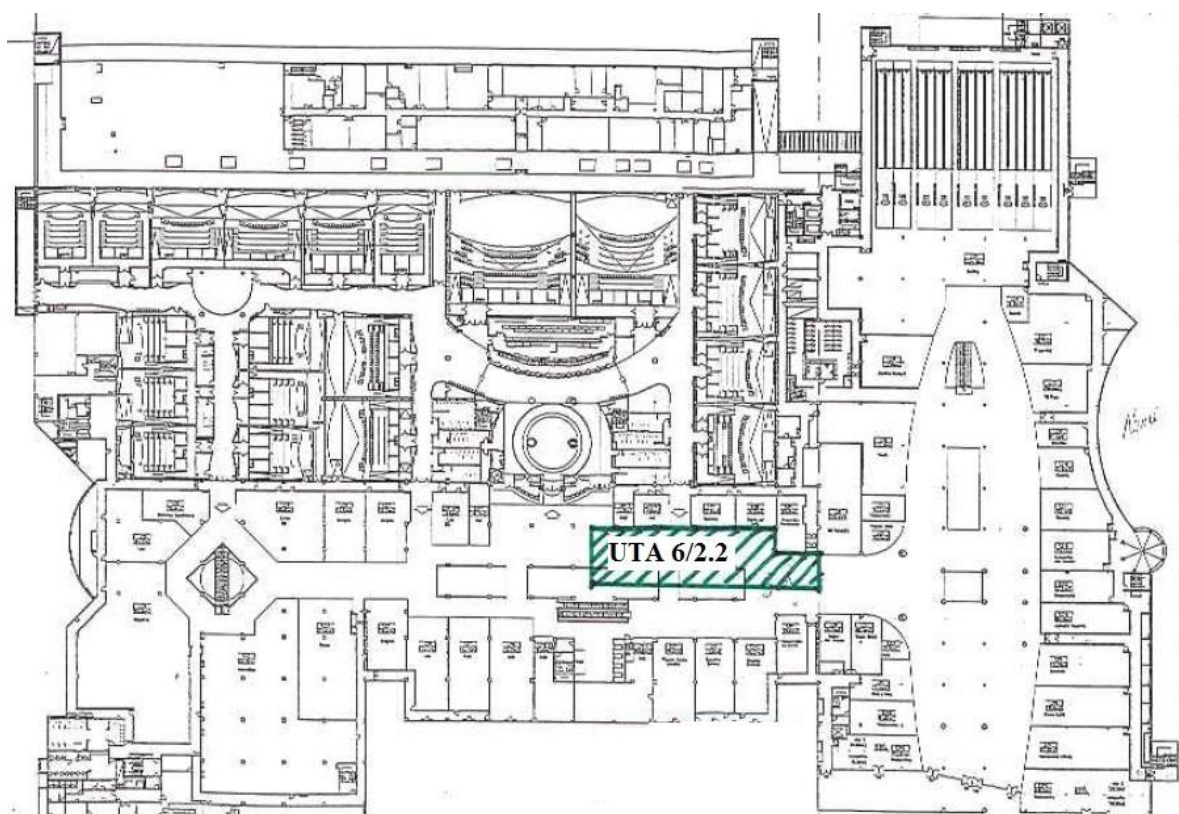


Figura 52 – Zona de influência das UTA's no piso 2.

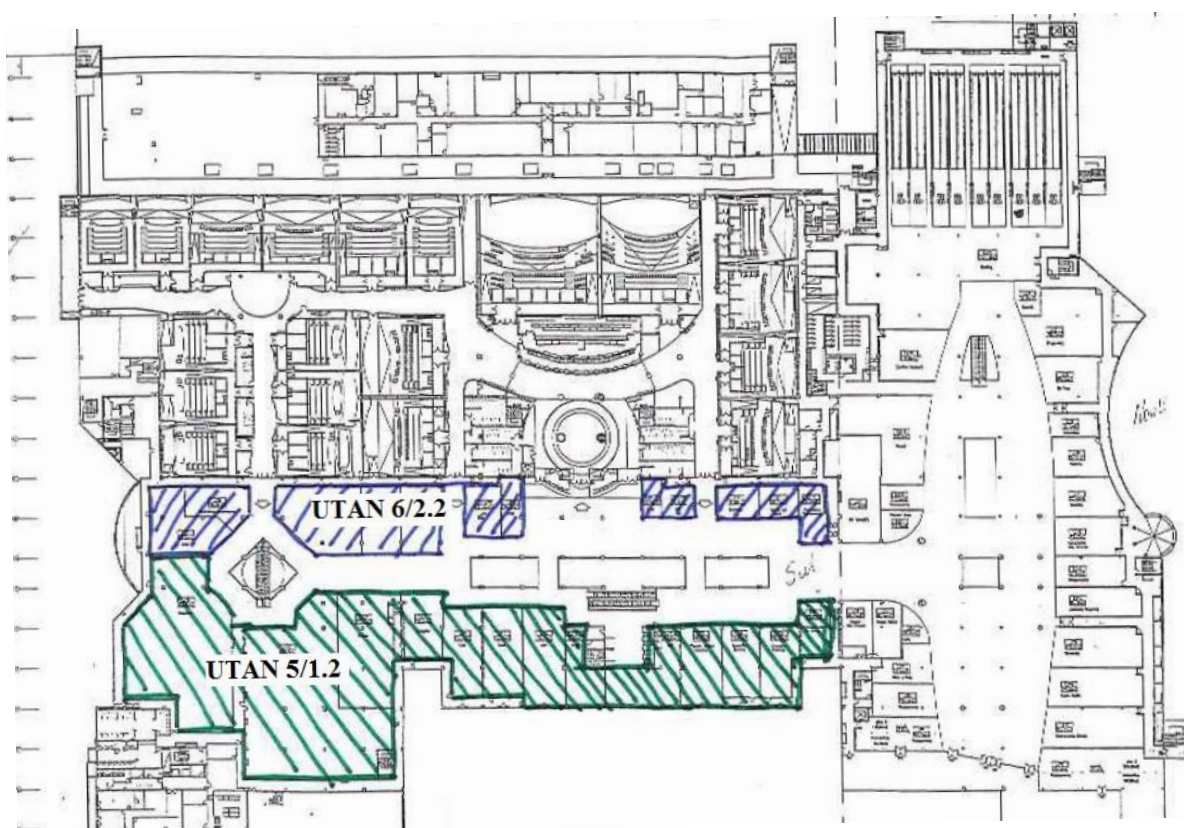


Figura 53 – Zona de influência das UTAN's no piso 2.



## Anexo F - Esquemas de princípio das centrais térmicas

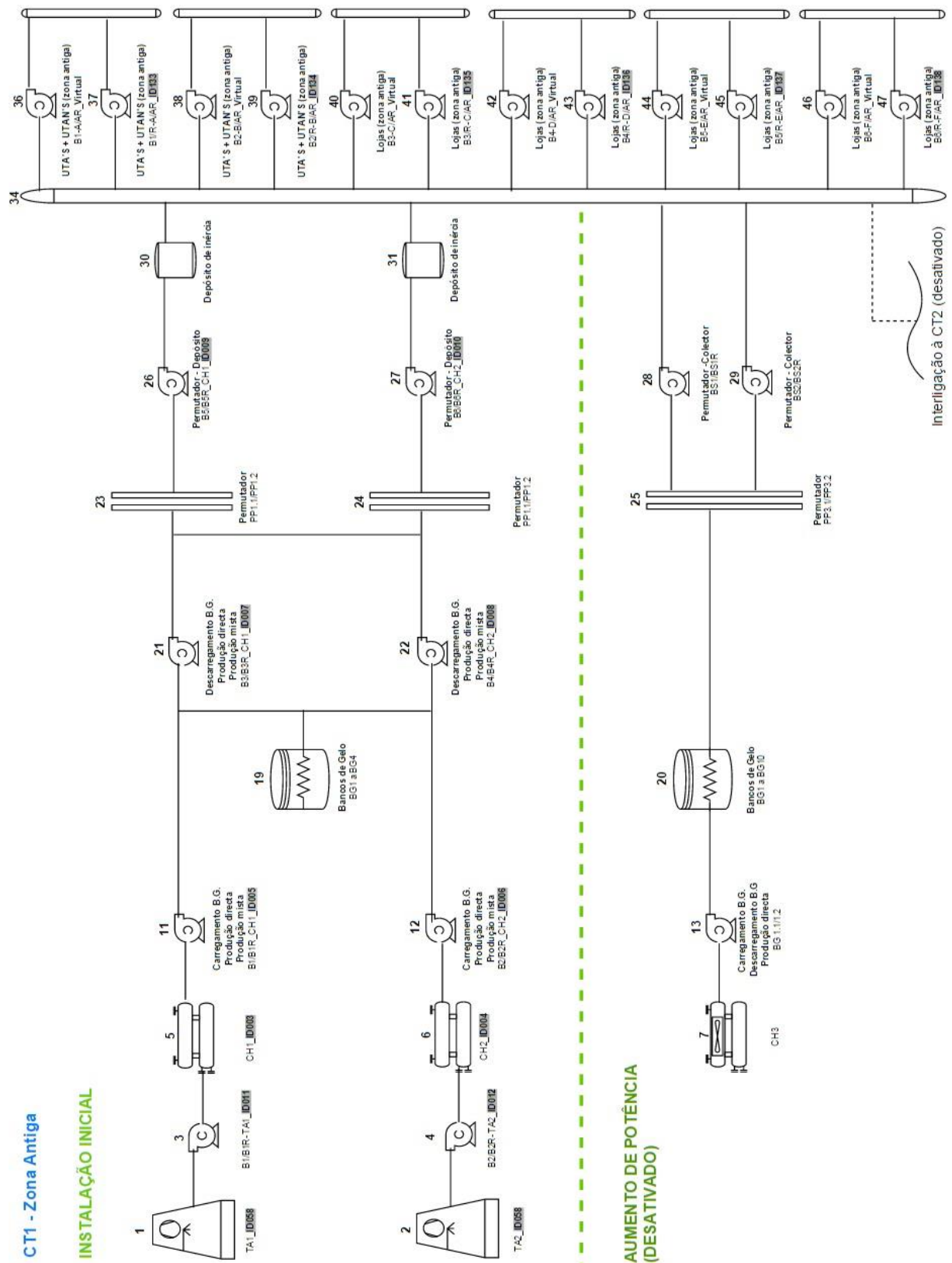


Figura 54 – Esquema de princípio da água na Central Térmica 1.

CT2 - Ampliação Piso 1 e Food-Court

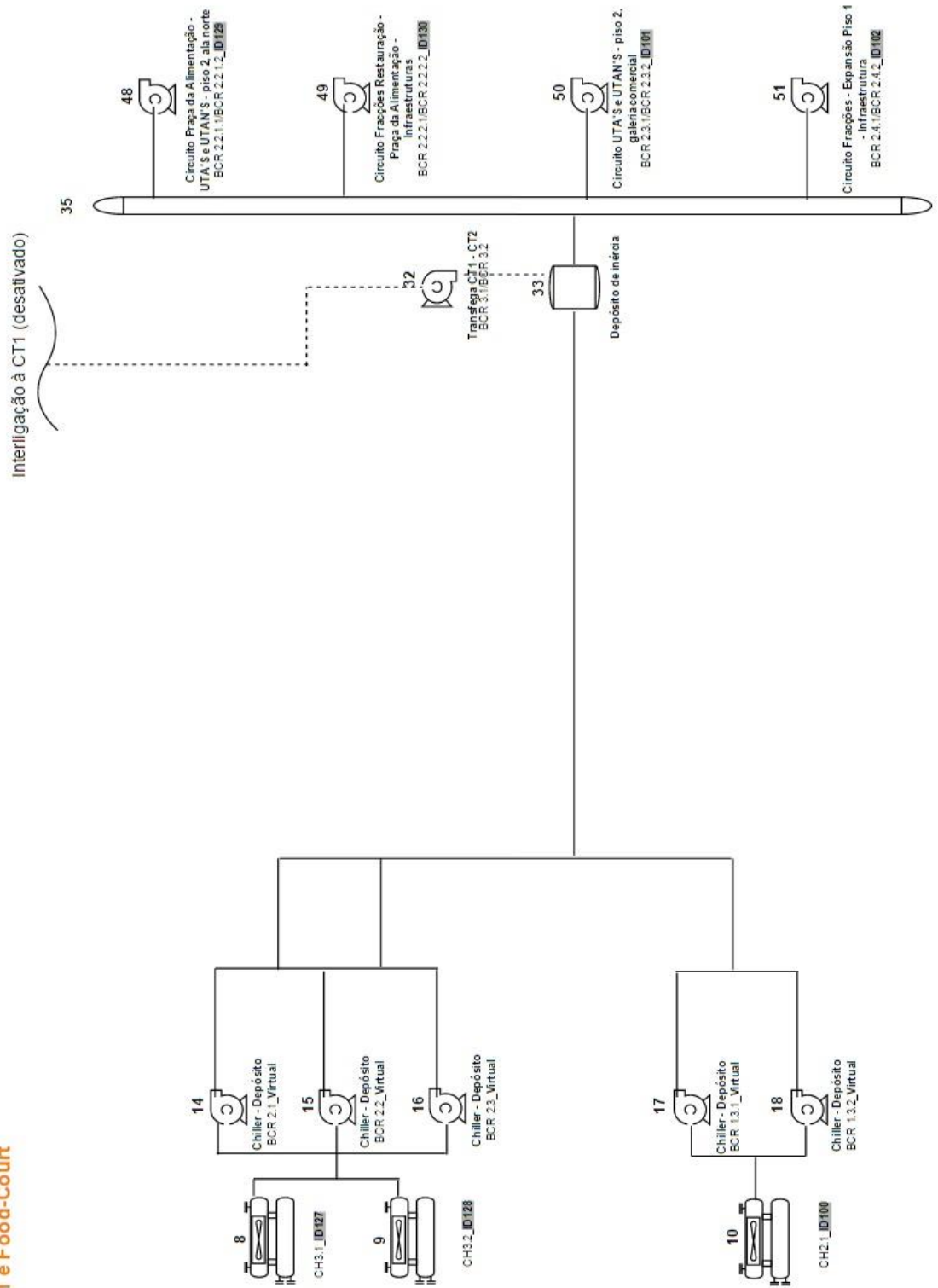


Figura 55 – Esquema de princípio da água na Central Térmica 2.



## Anexo G - Equipamentos do sistema AVAC do *shopping*.

Tabela 35 – Informações das torres de arrefecimento do *shopping*.

Torres de Arrefecimento - CT1			
Ref. (Esquema)		1	2
Ref. (local)		TA1	TA2
ID		058	058
Área técnica		CT1 (P-3)	CT1 (P-3)
Tipo (aberto/fechado)		aberto	aberto
Marca/Modelo		Evapco / AT-18-89	Evapco / AT-18-89
Capacidade de arrefecimento de projeto [kW]		1254	1254
Potência elétrica de projeto [kW]		15	15
VFD	Sim/Não	Sim	Sim
	Min Hz	25	25
	Max Hz	50	50
COP		83,6	83,6

Tabela 36 – Informações dos *chillers* do *shopping*.

CHILLERS - CT1				CHILLERS - CT2		
Ref. (Esquema)	5	6	7	8	9	10
Ref. (local)	CH1	CH2	CH3	CH 1	CH 2	CH 2.1
ID	003	004	-	127	128	100
Área Técnica	CT1 (P-3)	CT1 (P-3)	CT1 (P-3)	CT2 (P2)	CT2 (P2)	CT2 (P2)
Tipo	água-água	água-água	ar-água	ar-água	ar-água	ar-água
Marca/Modelo	Trane / RTHD C2	Trane / RTHD C2	RC group / Único ASTD 960 V2	Climaveneta / FOCS5423LN	Climaveneta / FOCS5423LN	Climaveneta / FOCS2722LN
Capacidade de arrefecimento nomi	745	745	802	1312	1312	664
Potência elétrica nominal [kW]	141	141	332	370	370	228
EER	5,3	5,3	2,99	3,5	3,5	2,91
ESEER	6,7	6,7	4,39	4,17	4,17	4,17

Tabela 37 – Informações dos bancos de gelo do *shopping*.

		BANCOS DE GELO - CT1	
Ref. (Esquema)		19	20
Ref. (local)		BG1 ABG4	BG1 ABG10
ID		NA	NA
Área Técnica		CT1 (P-3)	CT1 (P0)
Quantidade		4	10
Marca/Modelo		Baltimore / T SU-476M	Calmac / 1190
Capacidade latente de acumulação [kWh]	Unitária	1674	570
	Total	6696	5700
Volume [m <sup>3</sup> ]		22,11	6,265

Tabela 38 – Informações das bombas de condensação do *shopping*.

BOMBAS DE CONDENSAÇÃO - CT1			
Ref. (Esquema)		3	4
Ref. (local)		B1/B1R-TA1	B2/B2R-TA2
ID		011	012
Área Técnica		CT1	CT1
Marca/Modelo		Itur	Itur
Caudal nominal <sup>4</sup> [m <sup>3</sup> /h]		153	153
DP [kPa]		-	-
Potência elétrica nominal [kW]		30	30
VSD	Sim / Não	Não	Não
	Min Hz	NA	NA
	Max Hz	NA	NA

Tabela 39 – Informações das bombas primárias da CT1 do *shopping*.

BOMBAS PRIMÁRIAS - CT1										
Ref. (Esquema)	11	12	13	21	22	26	27	28	29	
Ref. (local)	B1/B1R_CH1	B2/B2R_CH2	BG 1.1/1.2	B3/B3R_CH1	B4/B4R_CH2	B5/B5R_CH1	B6/B6R_CH2	BS/BS1R	BS2/BS2R	
ID	005	006	-	007	008	009	010	-	-	
Função	Carregamento B.G. Produção direta Produção mista	Carregamento B.G. Produção direta Produção mista	Carregamento B.G. Descarregamento B.G. Produção directa	Descarregamento B.G. Produção directa Produção mista	Descarregamento B.G. Produção directa Produção mista	Permutador - Depósito	Permutador - Depósito	Permutador - Coletor	Permutador - Coletor	
Área Técnica	CT1	CT1	CT1	CT1	CT1	CT1	CT1	CT1 (P0)	CT1 (P0)	
Marca/Modelo	ITUR	ITUR	-	ITUR	ITUR	ITUR	ITUR	-	-	
Caudal nominal [m <sup>3</sup> /h]	138	138	-	210	210	190	190	-	-	
DP nominal [kPa]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Potência elétrica nominal [kW]	7,5	7,5	9,2	11	11	11	11	7,5	7,5	
VSD	Sim/Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	
	Min Hz	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
	Max Hz	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	

Tabela 40 – Informações das bombas primárias da CT2 do *shopping*.

		BOMBAS PRIMÁRIAS - CT2				
Ref. (Esquema)		14	15	16	17	18
Ref. (local)		BCR 2.11	BCR 2.12	BCR 2.13	BCR 1.3.1	BCR 1.3.2
ID		-	-	-	NA	NA
Função		Ligados aos chillers 1 e 2 da CT2	Ligados aos chillers 1 e 2 da CT2	Ligados aos chillers 1 e 2 da CT2	Ligado ao chiller 2.1	Ligado ao chiller 2.1
Área Técnica		CT2	CT2	CT2	piso 2	piso 2
Marca/Modelo		ATB	ATB	ATB	WILO / IL 125/300-18,5/4	WILO / IL 125/300-18,5/4
Caudal nominal [m <sup>3</sup> /h]		1470	1470	1470	120	120
DP nominal [kPa]		-	-	-	-	-
Potência elétrica nominal [kW]		15	15	15	11	11
VSD	Sim/Não	Não	Não	Não	Não	Não
	Min Hz	NA	NA	NA	NA	NA
	Max Hz	NA	NA	NA	NA	NA

Tabela 41 – Informações das bombas secundárias da CT2 do *shopping*.

		BOMBAS SECUNDÁRIAS - CT2			
Ref. (Esquema)		48	49	50	51
Ref. (local)		BCR 2.2.1.1/2	BCR 2.2.2.1/2	BCR 2.3.1/2	BCR 2.4.1/2
ID		129	130	101	102
Área Técnica		CT2	CT2	CT2	CT2
Marca/Modelo		ATB	ATB	WILO / BL 80/270-11/4	WILO / BL 50/140-7,5/2
Caudal nominal [m <sup>3</sup> /h]		2915	2905	95,4	55,2
$\Delta P$ nominal [kPa]		-	-	280	280
Potência elétrica nominal [kW]		15	7,5	11	7,5
VSD	Sim / Não	Sim	Sim	Sim	Sim
	Min Hz	25	25	25	25
	Max Hz	50	50	50	50
Zonamento		UTAC1.1 UTAC1.2 UTAN C1.3	UTAC1.1 UTAC1.2 UTAN C1.3	UTA3/1.1 UTA5/1.2 UTA6/2.2 UTA7/3.2 UTA8/4.2 UTAN 3/1.1 UTAN 5/1.2 UTAN 6/2.2	UTA9/3.1 UTA10/4.1 UTAN 10/4.1 UTAN 12/3.1

Tabela 42 – Informações das bombas secundárias da CT1 do shopping.

BOMBAS SECUNDÁRIAS - CT1													
Ref. (Esquema)	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	
Ref. (local)	B1-A/R	B1/R-A/R	B2-B/R	B2/R-B/R	B3-C/R	B3/R-C/R	B4-D/R	B4/R-D/R	B5-E/R	B5/R-E/R	B6-F/R	B6/R-F/R	
ID	Vitual	133	Vitual	134	Vitual	135	Vitual	136	Vitual	137	Vitual	138	
Área Técnica	CT1 (P-3)	CT1 (P-3)	CT1 (P-3)	CT1 (P-3)	CT1 (P-3)	CT1 (P-3)	CT1 (P-3)	CT1 (P-3)	CT1 (P-3)	CT1 (P-3)	CT1 (P-3)	CT1 (P-3)	
Marca/Modelo	-	Rimos /TP-100390-2	-	Rimos /TP-100390-2	-	Rimos /TP-65550-2	-	Rimos /TP-80520-2	-	Rimos /TP-65550-2	-	Rimos /TP-80520-2	
Caudal nominal [m <sup>3</sup> /h]	150,15	115	47,91	145	59,87	63	150,15	105	59,87	68	57,34	90	
$\Delta P$ nominal [kPa]	-	343	-	294	-	343	-	264,6	-	343	-	235,2	
Potência elétrica nominal [kW]	18,5	22	18,5	22	15	15	15	18,5	15	15	11	18,5	
VSD	Sim / Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	
	Min Hz	45	NA	45	NA	45	NA	42	NA	45	NA	35	
	Max Hz	45	NA	45	NA	45	NA	42	NA	45	NA	35	
Zonamento	UTA 11/0 UTAN 11/0	UTA 11/0 UTAN 11/0	UTA 22/0 UTA 42/1 UTAN 22/0 UTAN 42/1	UTA 22/0 UTA 42/1 UTAN 22/0 UTAN 42/1	VCs [26] Zona Sul, Pisos 0 e 1	VCs [26] Zona Sul, Pisos 0 e 1	VCs [55] Zona Norte e Oeste, Piso 0, 1 e 2	VCs [55] Zona Norte e Oeste, Piso 0, 1 e 2	VCs [16] Zona Este, Pisos 0 e 1	VCs [16] Zona Este, Pisos 0 e 1	VCs [40] Zona Nordeste, Piso 0, 1 e 2	VCs [40] Zona Nordeste, Piso 0, 1 e 2	VCs [40] Zona Nordeste, Piso 0, 1 e 2

Tabela 43 – Informações das Unidades de Tratamento de Ar do *shopping*.

UTA's - WALL													
Ref. (esquema zonamento)	UTA110	UTA220	UTA311	UTA421	UTA512	UTA622	UTA732	UTA842	UTA931	UTA1041	UTAC11	UTAC12	UTANC13
Ref. (local)	UTA110	UTA220	UTA311	UTA421	UTA512	UTA622	UTA732	UTA842	UTA931	UTA1041	UTAC11	UTAC12	UTANC13
D	074	069	090	082	107	115	131	132	089	055	033	033	033
Área Técnica	Cobertura, Zona Sul, M.3	Mezanine Piso 01, zona norte, H20	Cobertura, zona Sul, N.3	Mezanine Piso 1/2, zona Norte, G.20	Cobertura, zona Este, T.7	Cobertura, zona Sul, H20	Cobertura, zona Sul, M.4	Cobertura, zona Norte, Q.21	Piso 1, zona Sul, J.1	Piso 1, zona Oeste, J.1	Cobertura, zona Oeste, D.22	Cobertura, zona Oeste, D.23	Cobertura, zona Oeste, D.24
Marca/Módulo	Trane / 3SEZ s10	Trane	GEA CARPLUS 160/128MW	Trane	Trane / CTA	Trane /3-SEE 75	GEA /CARPLUS 160/160 A/B/V	GEA /CARPLUS SX	GEA/CARPLUS MW	GEA/CARPLUS 160/096 I/W	GEA	GEA	GEA/CARPLUS SX
Ventilador Insuflação	Caudal nominal [m³/h]	26000	29200	29800	34600	26200	25900	22600	10770	14804	47500	47500	66000
	ΔP nominal [Pa]	-	-	-	-	-	210	250	240	-	-	-	-
	Potência elétrica nominal [kW]	15	15	15	30	15	18,5	15	5,5	7,5	22	22	45
	VSD	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Sim
Ventilador Extração	VSD	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	50
	Caudal nominal [m³/h]	29000	28600	27950	29360	33400	18360	24200	9218	16900	37500	37500	-
	ΔP nominal[Pa]	-	-	-	-	-	120	250	220	-	-	-	-
	Potência elétrica nominal [kW]	15	15	7,5	9	11	11	4	3	5,5	15	15	NA
Válvula de controle	VSD	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	NA
	Min Hz	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Max Hz	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2 / 3 vias	3	3	3	3	3	2	2	3	3	2	2	2
Recuperação de calor	Tipo	Não	Não	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	By pass	NA	NA	Plata	Heat wheel	Heat wheel	NA	Heat wheel	Heat wheel	Heat Wheel	Coil	Coil	Coil
Zonamento	Mal, piso 0, Sul	Mal, piso 0, Norte	Mal, piso 1, Sul	Mal, piso 1, Norte	Mal, piso 2, Este	Mal, piso 2, Este	Mal, piso 2, Este	Mal, piso 2, Este	Mal, piso 1, Expansão Sul	Mal, piso 1, Expansão Norte	Food-court, piso 2	Food-court, piso 2	Food-court, piso 2
	Notas	Condição conjunto com UTAN 1	Condição conjunto com UTAN 2	Condição conjunto com UTAN 4	Condição conjunto com UTAN 5	Condição conjunto com UTAN 6	Condição conjunto com UTAN 6	Condição conjunto com UTAN 6	Condição conjunto com UTAN 10	Condição conjunto com UTAN 10	Condição conjunto com UTAC12 e UTAN C13	Condição conjunto com UTAC11 e UTAN C13	Condição conjunto com UTAC11 e UTAC12

Tabela 44 – Informações das Unidades de Tratamento de Ar Novo do *shopping*.

UTAN's - LOJAS											
Ref. (esquema zonamento)	UTAN 111.0	UTAN 22.0	UTAN 311.1	UTAN 42.1	UTAN 51.2	UTAN 62.2	UTAN 84.2	UTAN 104.1	UTAN 123.1	UTAN FUMADORES	UTAN ADM
Ref. (local)	UTAN 111.0	UTAN 22.0	UTAN 311.1	UTAN 42.1	UTAN 51.2	UTAN 62.2	UTAN 84.2	UTAN 104.1	UTAN 123.1	UTAN FUMADORES	UTAN ADM
ID	074	059	108	082	107	115	060	055	056	096	109
Área Técnica	Mezanine/Piso 0/1, zona Sul, S.2	Piso 0, zona Norte, F. 20	Cobertura, zona Sul, O.3	Piso 1, zona Norte, G.20	Cobertura, zona Este, T.8	Cobertura, zona Sul, H.20	Cobertura, zona Norte, R.8	Piso 1, zona Oeste, C.20	Cobertura, zona Norte, K.12	Mezanine 1/2, zona Este, Q.15	Cobertura, zona Sul
Marca/Modelo	Trane / 3-SE5.258.75	Trane / 3-SE5.258.75	Trane	Trane	Trane / CCTA	Trane / 3-SE 8.75	GEA / CARPlus 128.096 ABV	GEA / CARPlus 128.128 INW	GEA / CARPlus 160.160 ABV	-	Wesper / PR@040
(Ventilador Insuflação)	Caudal nominal [m³/h]	25600		21680	29100	23000	6700	14200	21060	-	NA
	ΔP nominal [Pa]						750	370	210	-	
	Potência elétrica nominal [kW]	15	11	9	18.5	11	3	7.5	11	1,1	0.75
	Sim / Não	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
VSD	Min Hz	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Max Hz	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Caudal nominal [m³/h]	22520	20040	18200	27700	21230	6050	12850	19152	-	
ΔP nominal [Pa]							155	340	200	-	
(Ventilador Extração)	Potência elétrica nominal [kW]	11	7.5	5.5	11	11	1.5	5.5	7.5	0.75	0.75
	Sim / Não	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
	Min Hz	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Max Hz	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Válvula de controle	2 / 3 vias	3	3	3	3	3	3	3	2	-	3
	Sim / Não	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	Heat Wheel / Plate / Coil	NA	NA	NA	NA	Plate	Heat wheel	Heat wheel	Heat wheel	Plate	Plate
	By pass	NA	NA	NA	NA	Yes	No	Yes	No	-	Yes
Zonamento		Lojas, piso 0, Sul	Lojas, piso 1, Sul	Lojas, piso 1, Norte	Lojas, piso 2, Este	Lojas, piso 2, Este	Lojas, piso 1, Oeste	Lojas, piso 1, Expansão Oeste	Lojas, piso 1, Expansão Este	Fumódromo, Piso 1	Administração, piso 2
	(ver esquema <a href="#">zonamento</a> )	Contador conjunto com UTA 1	Contador conjunto com UTA 2	Contador conjunto com UTA 4	Contador conjunto com UTA 5	Contador conjunto com UTA 6		Contador conjunto com UTA 10			
Notas											





## Anexo H - Tarifários e horários ao fim de semana

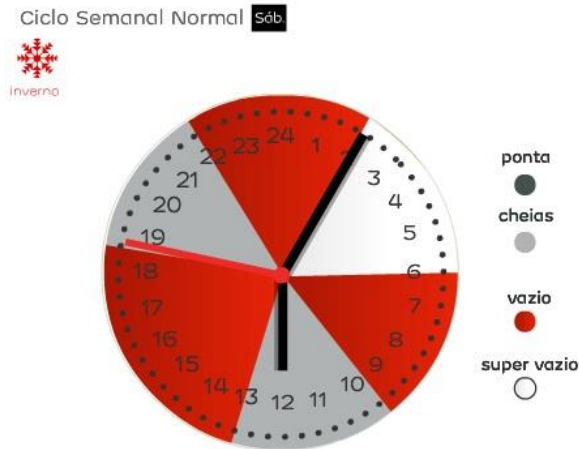


Figura 56 – Distribuição dos tarifários num sábado – inverno.

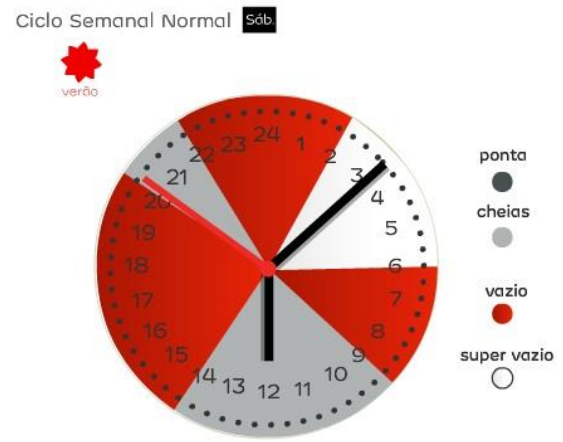


Figura 57 – Distribuição dos tarifários num sábado – verão.

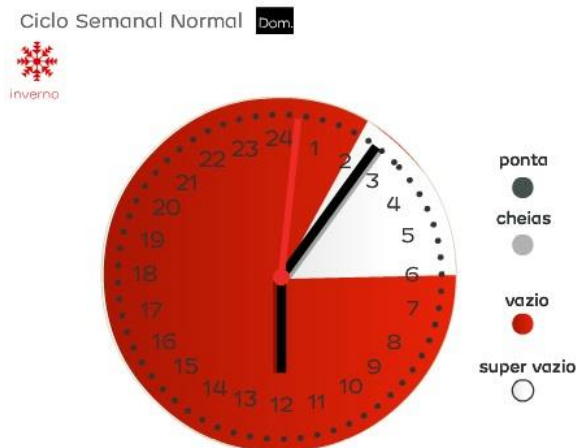


Figura 58 – Distribuição dos tarifários num domingo – inverno.



Figura 59 – Distribuição dos tarifários num domingo – verão.



## Anexo I - Checklist da auditoria às UTA's/UTAN's

Checklist		EQUIP.:					
		Tipo:	Doc.:				
Ref. (Designação corrente do equipamento): _____		Data: ____/____/____					
Local de instalação _____		Zona servida _____					
1	Marca						
	Modelo						
	Ano						
2	Registos de ar motorizados	Ar novo	S	N	Posição Local	GTC	Comentários
		Exaustão					
		Mistura					
3	Válvula de água gelada	[2 vias/3 vias]					
4	Recuperação de calor	[S/N]					
		[Ar novo / Ar total]					
		Tpo [RT / PP / BA]					
		By-pass [S/N]					
5	Ventilador insuflação	Potência nominal [kW]					
		Caudal nominal [m <sup>3</sup> /h]					
		Variador de velocidade [S/N]					
		Frequência [Hz]					
		Transmissão [correia/directo]					
5	Ventilador extracção	Potência nominal [kW]					
		Caudal nominal [m <sup>3</sup> /h]					
		Variador de velocidade [S/N]					
		Frequência [Hz]					
		Transmissão [correia/directo]					
7	Controlador	Marca					
		Modelo					
8	Notas						

Resp. (nome legível):	
Assinatura:	
Data:	

Figura 60 – Checklist da auditoria às UTA's/UTAN's do shopping.



## Anexo J - Diagramas de controlo das UTA's/UTAN's

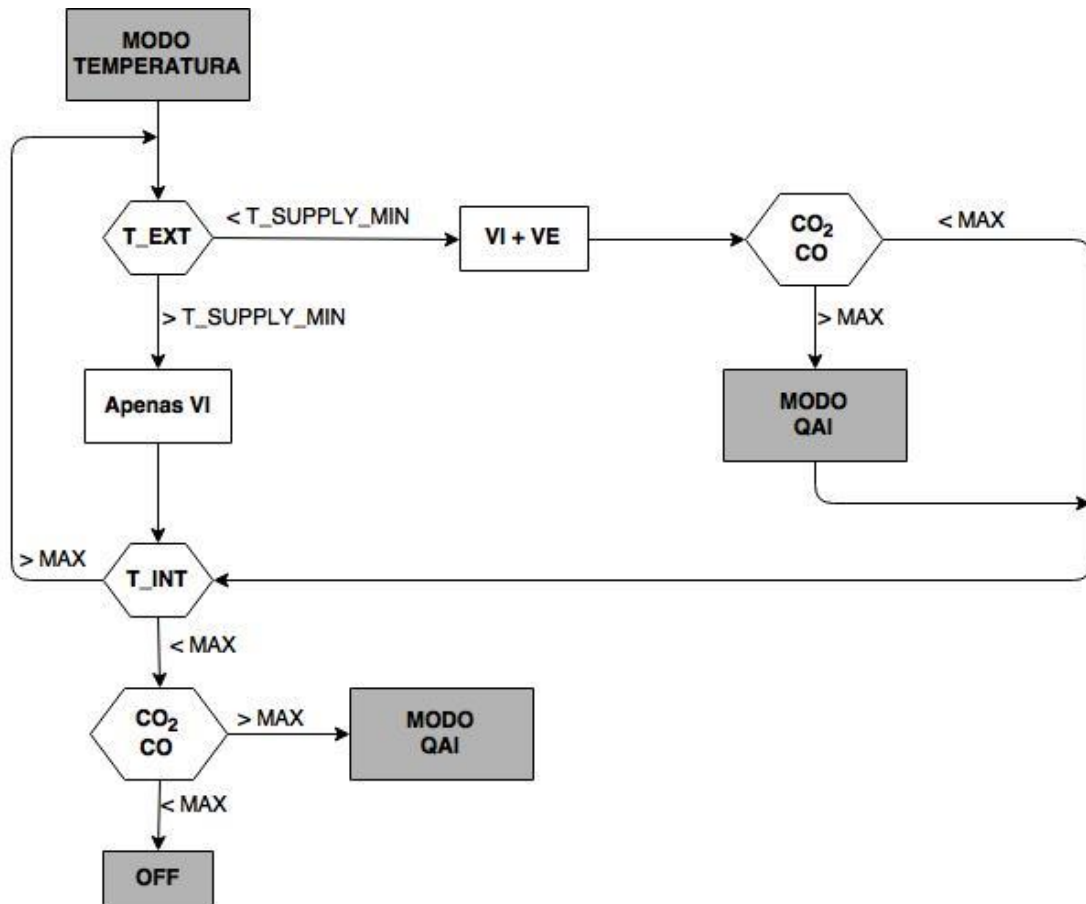


Figura 61 – Controlo das UTA's – Modo Temperatura.

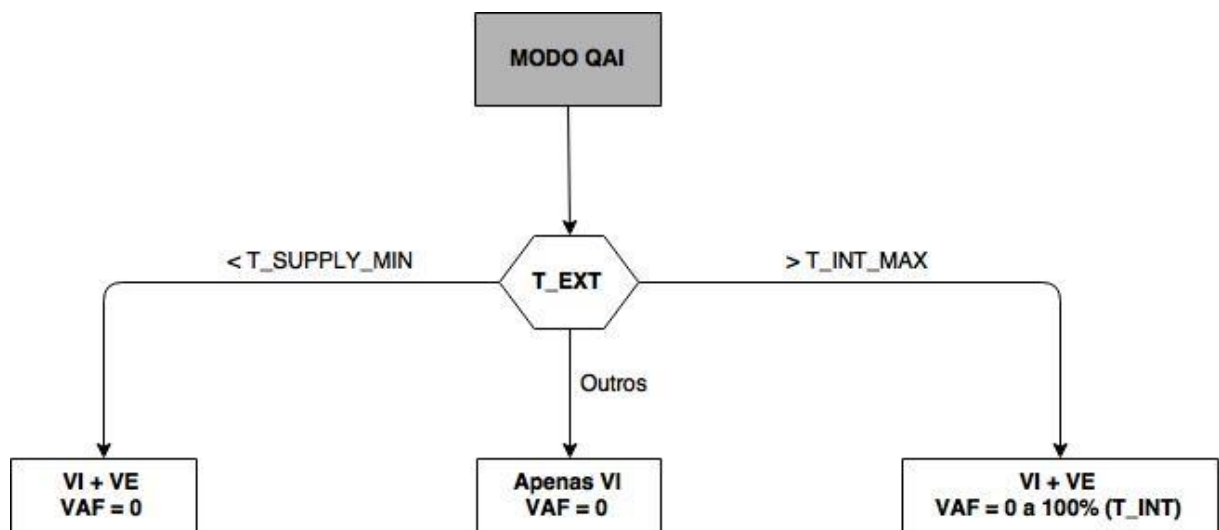


Figura 62 – Controlo das UTA's – MODO QAI.

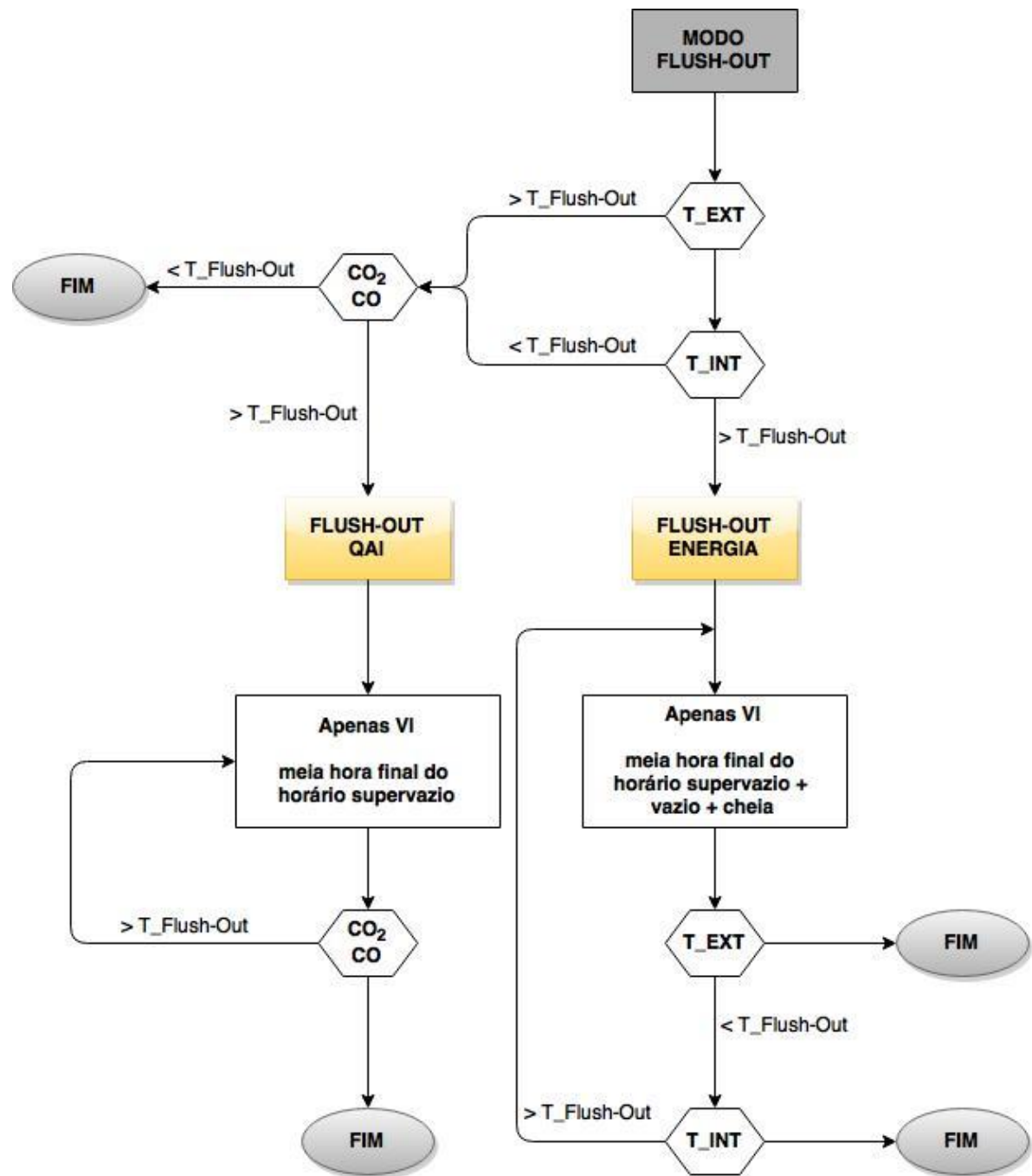


Figura 63 – Controlo das UTA's – Modo *Flush-Out*.

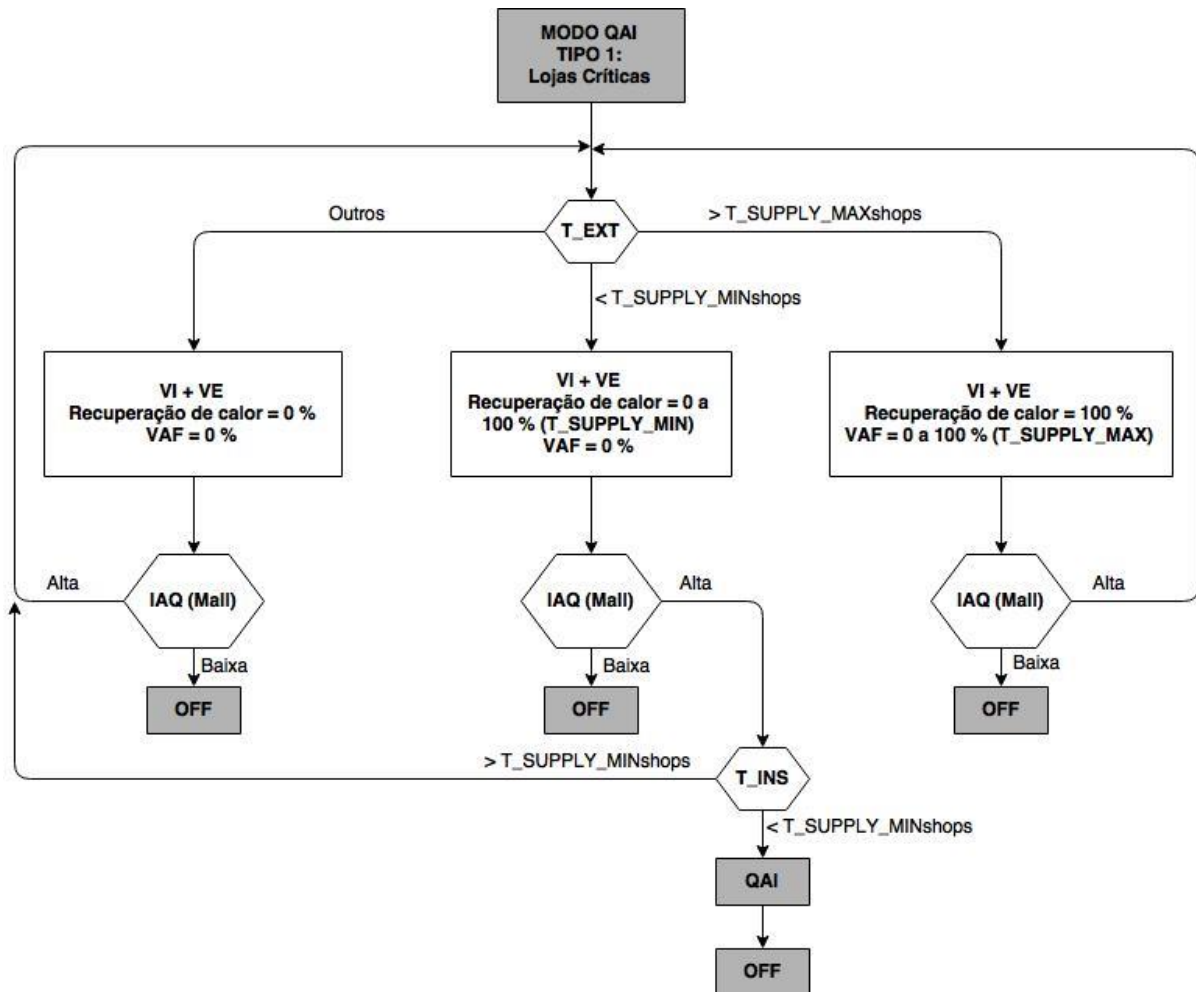


Figura 64 – Controlo das UTAN's – Modo QAI - Lojas críticas.



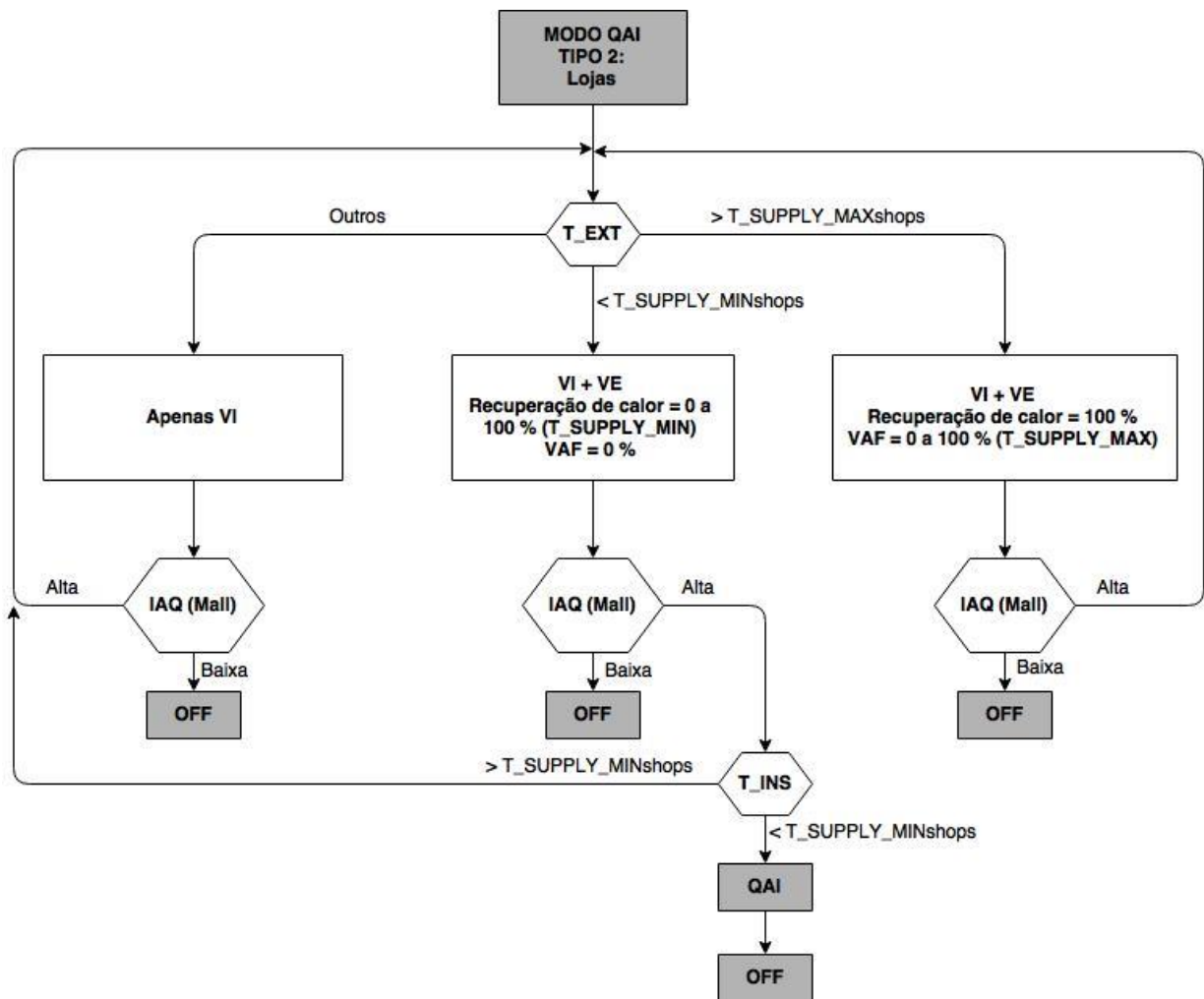


Figura 65 – Controlo das UTAN's – Modo QAI - Lojas.

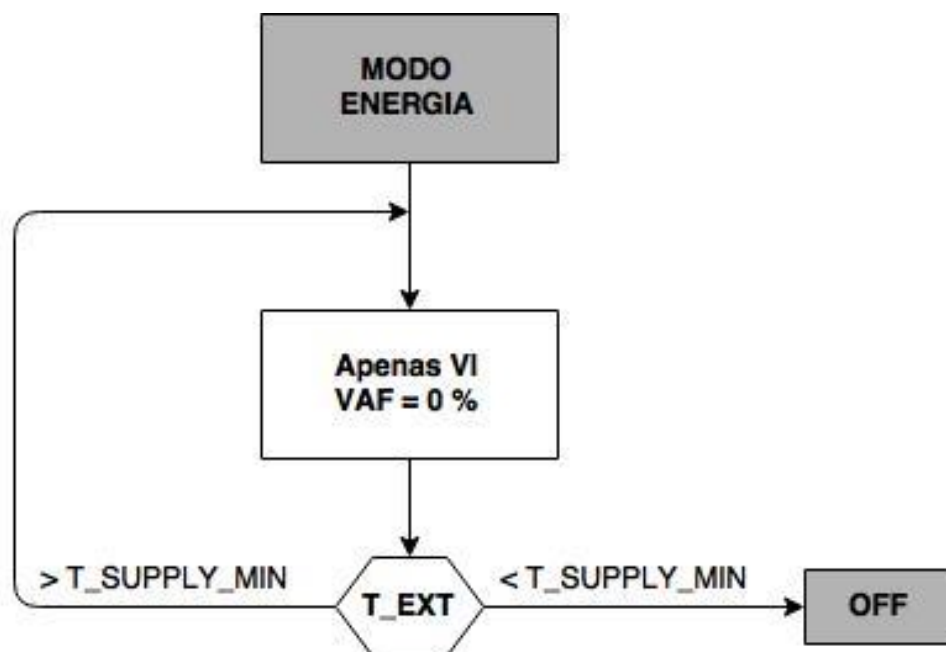


Figura 66 – Controlo das UTAN's – Modo Energia.



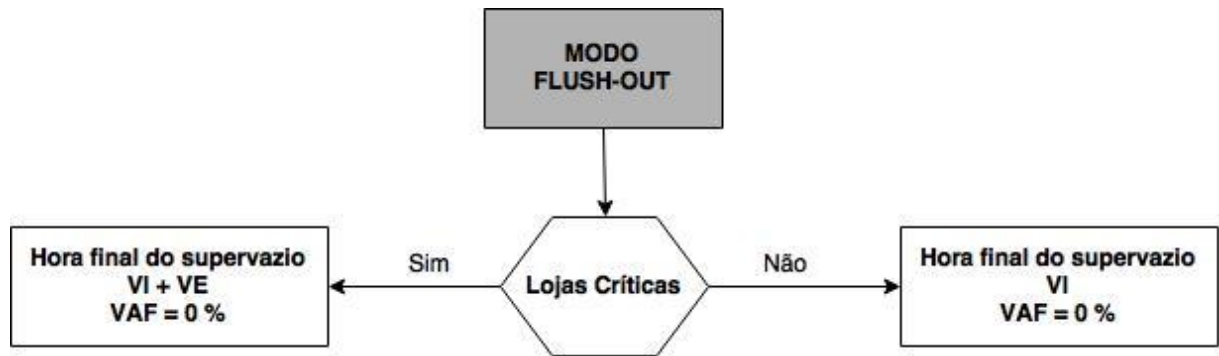


Figura 67 – Controlo das UTAN's – Modo *Flush-Out*.



## Anexo K - Árvore de contadores do *BuildONE*

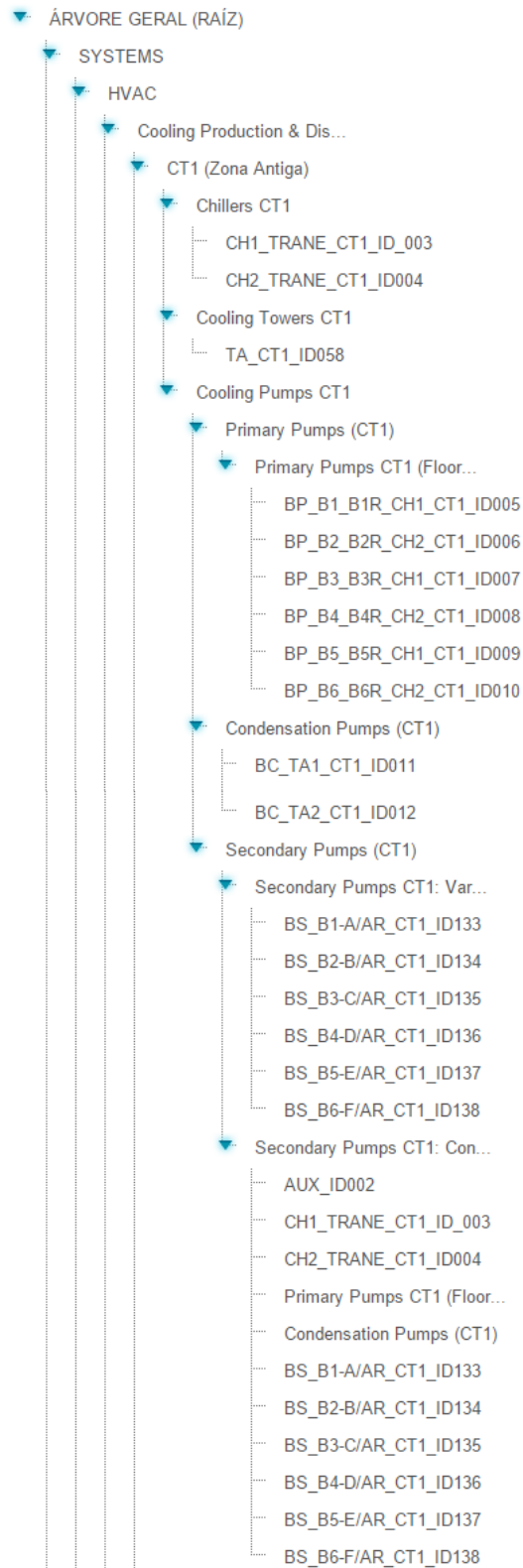


Figura 68 – Árvore de contadores do *BuildONE* (parte 1). [33]

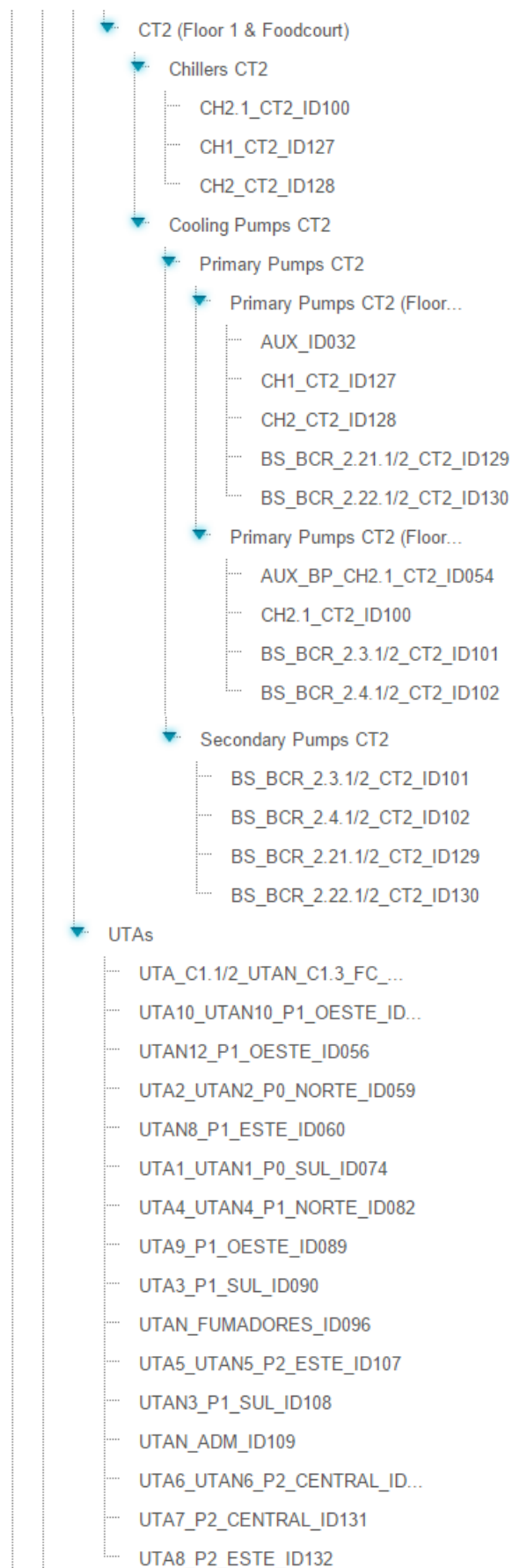


Figura 69 – Árvore de contadores do *BuildONE* (parte 2). [33]

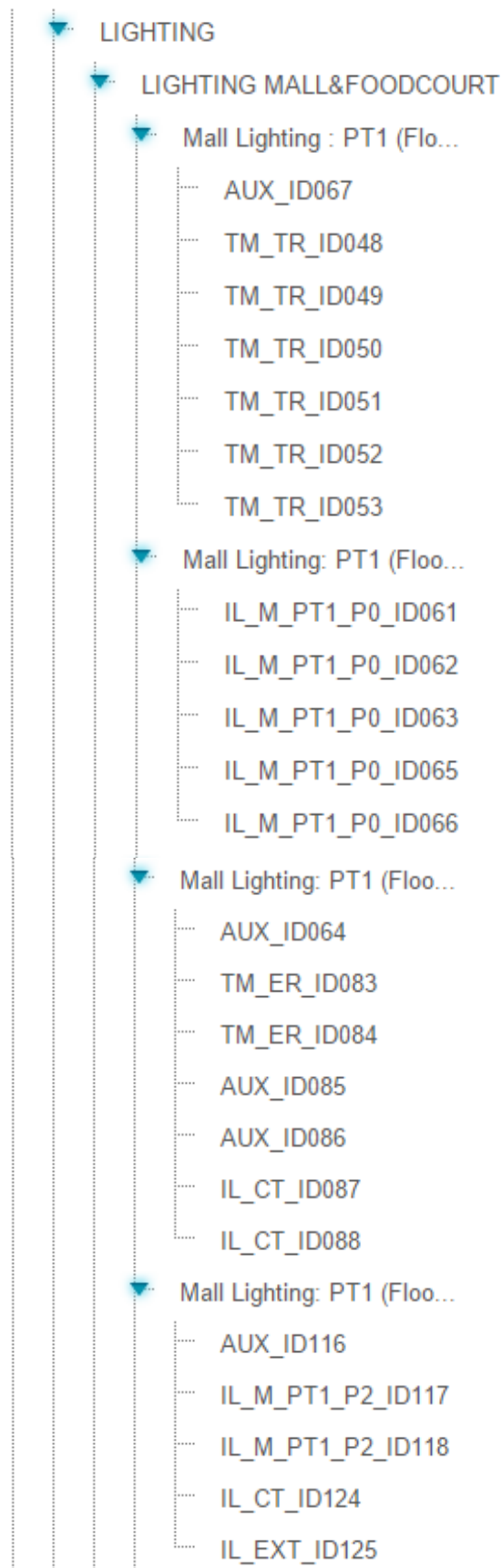


Figura 70 – Árvore de contadores do *BuildONE* (parte 3). [33]

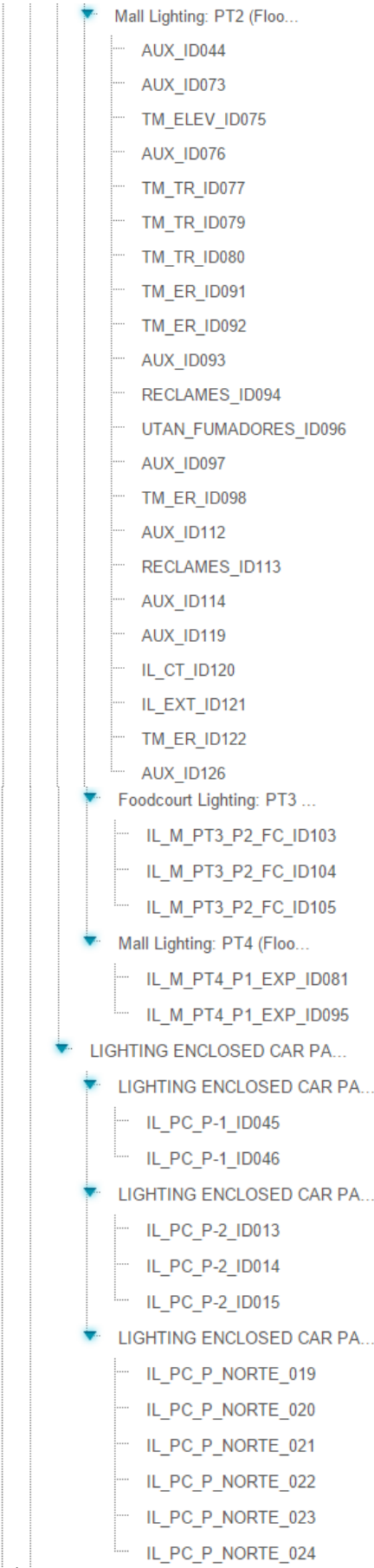


Figura 71 – Árvore de contadores do *BuildONE* (parte 4). [33]

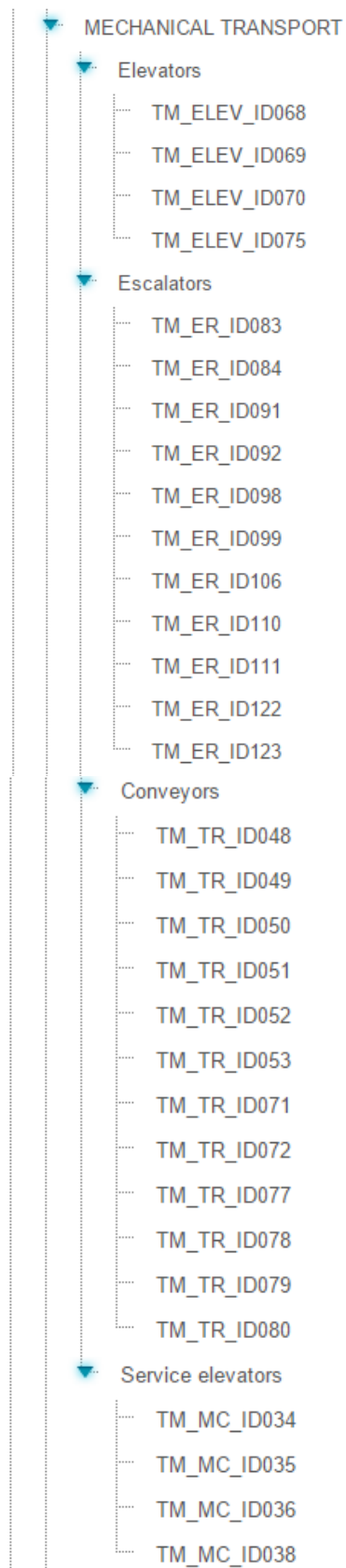


Figura 72 – Árvore de contadores do *BuildONE* (parte 5). [33]

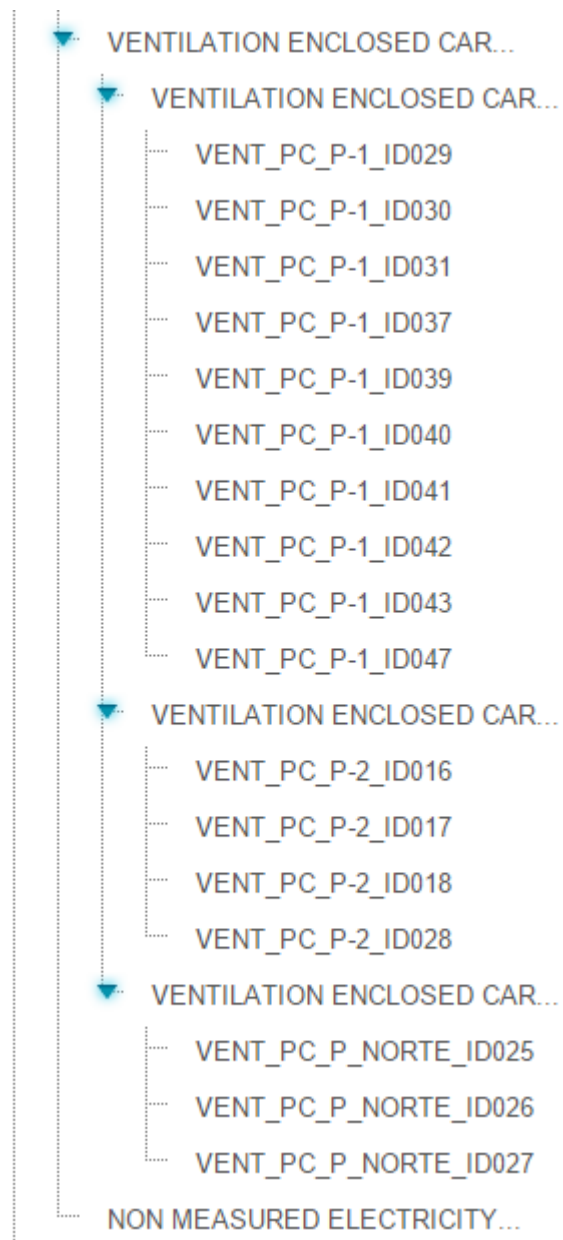


Figura 73 – Árvore de contadores do *BuildONE* (parte 6). [33]